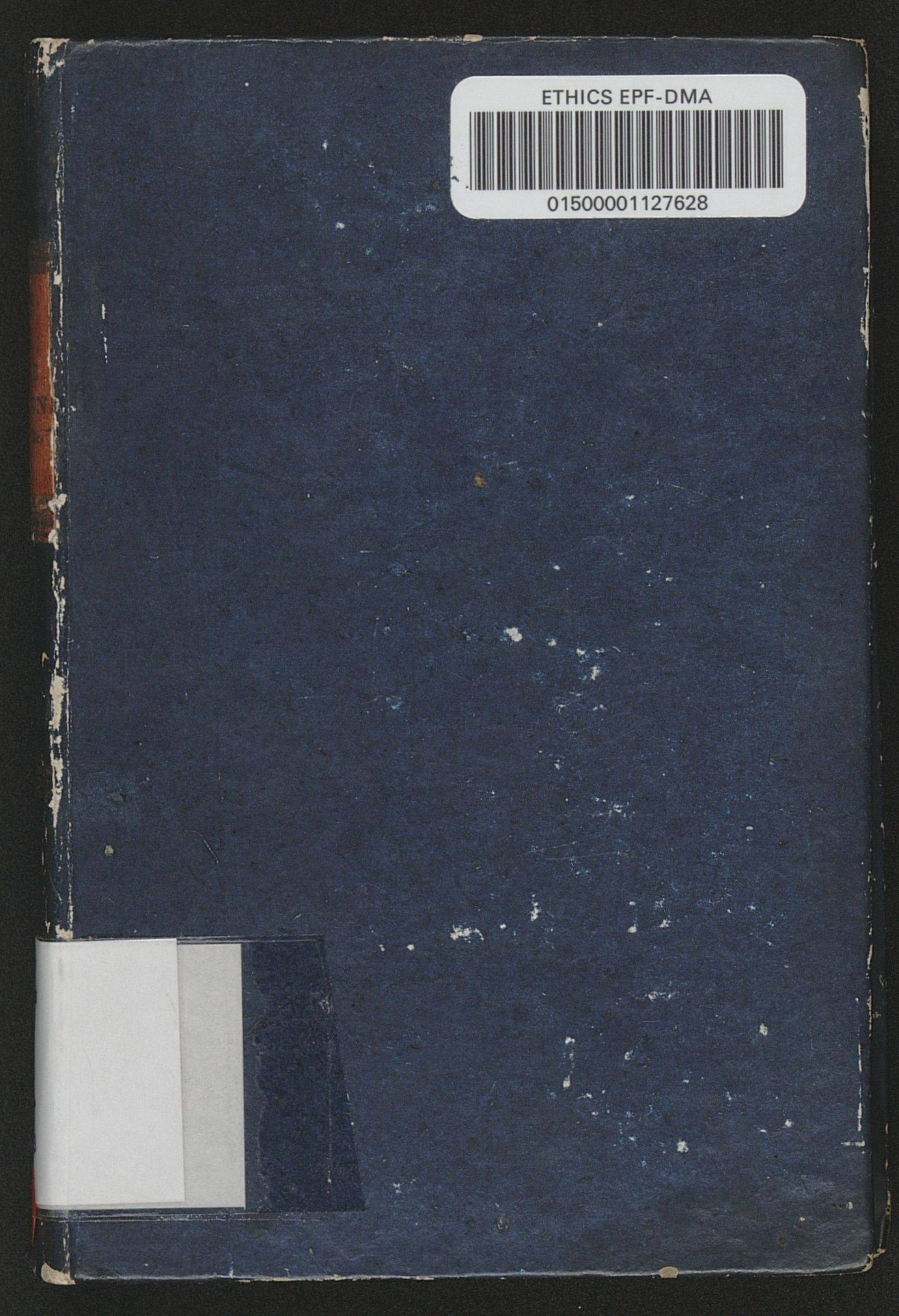
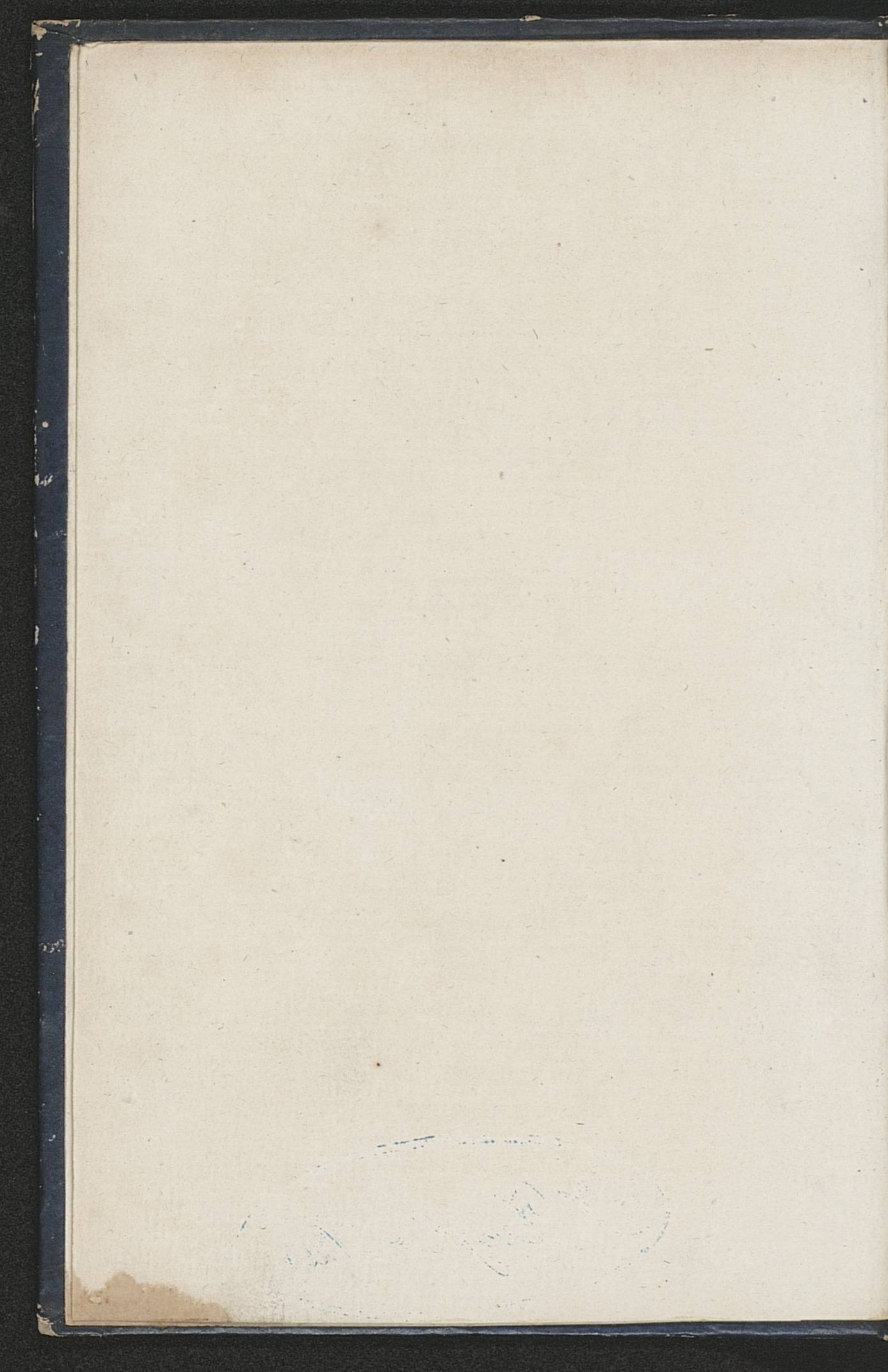

ETHICS EPF-DMA
01500001127628

Lipr



Euler, Léonard

Total 18 (ou 19)



LETTRES
A UNE PRINCESSE
D'ALLEMAGNE
SUR DIVERS SUJETS

DE

PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

TOME PREMIER.



GENÈVE

CHEZ BARTHELEMI CHIROL.

M. DCC. LXX. V.

[redacted]

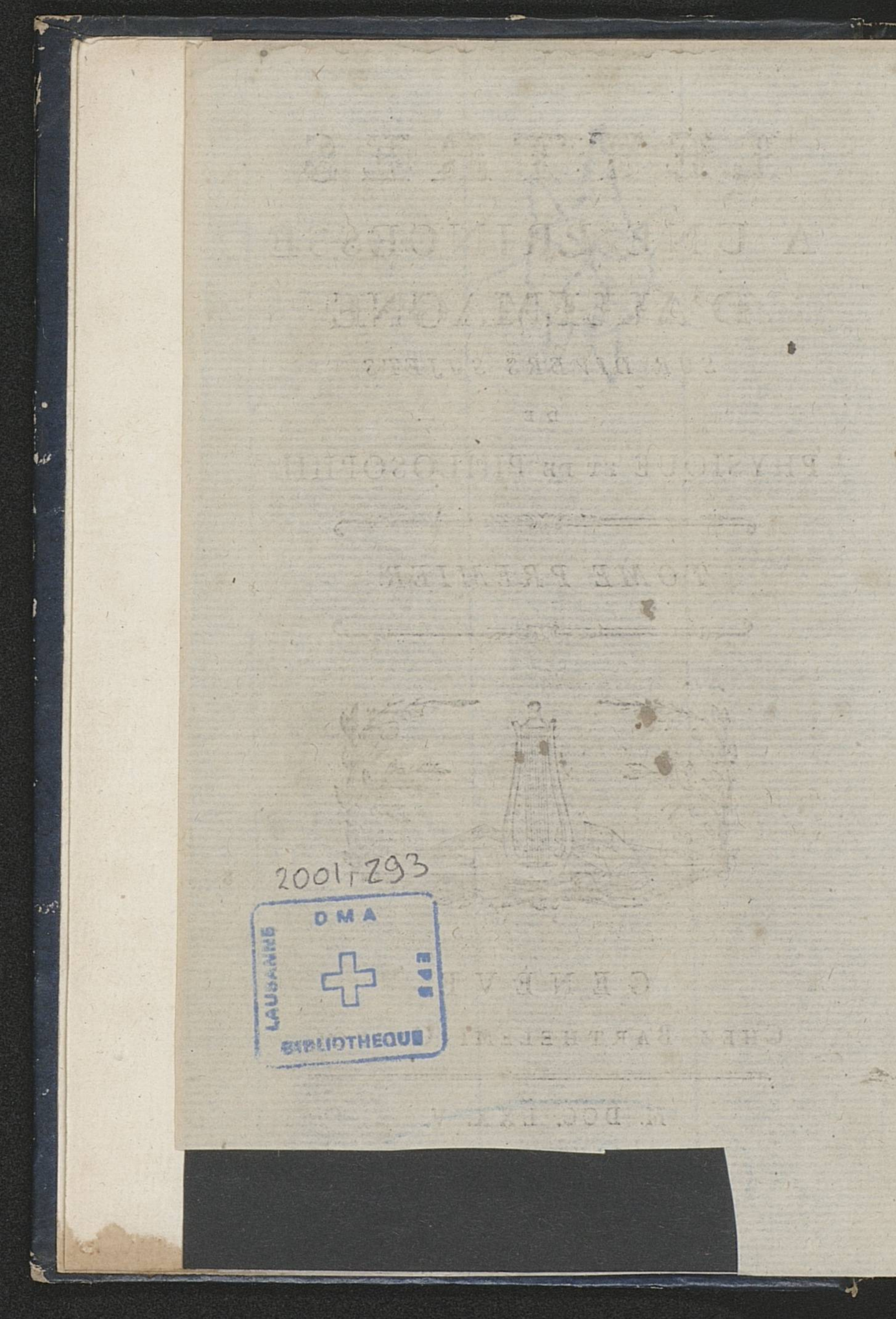


TABLE
DES MATIÉRES
DU
TOME PREMIER.

FIN DE LA TABLE DES MATIÉRES DU TOME I.



LETTRES
ECRITES
A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE
SUR DIVERS SUJETS
DE
PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

LETTRE I.

MADAME

COMME l'espérance de continuer à V. A. mes instructions dans la Géométrie semble éprouver de nouveaux retards, qui me causent un chagrin très-sensible; je souhaiterois pouvoir y suppléer par écrit, autant que la nature des objets peut le permettre. J'en ferai l'essai, en expliquant à V. A. l'idée juste qu'on doit se former de la grandeur, en y comprenant les plus petites & les plus grandes étendues, que nous découvrons actuellement dans le monde. Et, d'abord, il faut se fixer une certaine mesure, proportionnée à

nos ſens, dont nous aïons une juſte idée, comme par éxemple celle d'un pied. Cette longueur une fois établie & miſe devant les yeux, peut nous ſervir à connoître toutes les longueurs, les plus grandes comme les plus petites; en déterminant pour celles-là combien de pieds elles renferment, & pour celles-ci quelle partie d'un pied leur convient. Car, ayant l'idée d'un pied, on a auſſi celle de ſa moitié, de ſon quart, de ſa douziéme partie, qu'on nomme un pouce, de ſa centiéme partie & de ſa milliéme, qui eſt ſi petite qu'elle échappe preſque à la vue. Mais il faut conſidérer, qu'il y a des animaux, qui~~, ay~~ont leurs membres, dans leſquels circule leur ſang, & qui renferment encore ſurement d'autres inſectes vivans, qui ſont à leur égard auſſi petits qu'eux-mêmes par rapport à nous, ~~n'ont pas une plus grande étendue~~; d'où l'on doit conclure, que les plus petites quantités éxiſtent actuellement dans le monde, & ſe trouvent encore diviſées en des parties infiniment plus petites. Ainſi, par éxemple, quoique la dix-milliéme partie d'un pied ſoit inſenſible à notre égard, elle ſurpaſſe cependant la grandeur d'un animal entier, & devroit lui ſembler fort grande, s'il avoit quelque connoiſſance. Paſſons à préſent de ces petites quantités, où notre eſprit ſe perd, à de plus grandes. V. A. connoit la longueur d'un mille; on en compte dix-huit d'ici à Magdebourg; on eſtime un mille de 24000 pieds, & on s'en ſert

pour mesurer la distance des diférentes régions du globe, pour ne pas multiplier trop les nombres, en se servant du pied, dans ce calcul. Quand on sait qu'un mille est de 24000 pieds, & que l'on ajoute que Magdebourg est éloigné de Berlin de 18 milles, l'idée est bien plus claire, que si l'on disoit, que cette distance est de 432,000 pieds, ce grand nombre éblouïssant prèsque notre entendement. On aura encore une idée juste de la grandeur de toute la terre, quand on saura que son contour est de 5400 milles. Et le diamètre étant une ligne droite qui, passant par le centre, va se terminer à la circonférence de part & d'autre, & divise en deux parties égales le cercle, qui est la figure reconnue à la terre sous le nom de *globe*, le diamêtre de ce globe est estimé de 1720 milles, & c'est de cette mesure dont on fait usage pour les plus grandes distances qui se découvrent dans les cieux. La lune est celui des corps célestes qui nous approche le plus, n'en étant éloignée que d'à-peu-près 30 diamêtres de la terre, ce qui fait 51600 milles, ou 273,640,000 pieds; mais la premiére mesure de 30 diamètres de la terre est la plus claire. Le soleil est environ 300 fois plus éloigné que la lune; ainsi sa distance de 9000 diamêtres de la terre, nous donne une connoissance bien plus évidente, que si nous voulions l'exprimer par milles ou par pieds. V. A. sait que la terre fait le tour du soleil dans l'espace d'une année, mais que le soleil reste fixe. Outre la terre,

il y a encore 5 autres corps ſemblables, qui tournent autour du ſoleil, mais à des diſtances plus petites, telles que Mercure & Vénus, ou plus grandes, comme Mars, Jupiter & Saturne, nommés les planètes. Toutes les autres étoiles, que nous voyons, excepté les comètes, ſont appellées fixes, & leur diſtance de nous eſt incomparablement plus grande que celle du ſoleil. Ces diſtances ſont ſans-doute extrêmement inégales, ce qui fait que quelques-unes paroiſſent plus grandes que les autres. Mais la plus proche de nous, eſt certainement plus de 5000 fois plus éloignée que le ſoleil, donc ſa diſtance ſurpaſſe 45,000,000 fois le diamètre de la terre, & doit être de 77,400,000,000 milles; & ce nombre étant encore multiplié par 24000 donnera cette diſtance prodigieuſe exprimée par pieds. Ce n'eſt cependant que la diſtance des étoiles fixes les plus près de nous: & les plus éloignées que nous voyons, le ſont bien cent fois plus encore. On s'imagine pourtant que toutes ces étoiles, priſes enſemble, ne conſtituent qu'une très-petite partie de l'univers entier, à l'égard duquel ces diſtances prodigieuſes ne ſont que ce qu'eſt un grain de ſable rélativement à la terre. Cette immenſité eſt l'ouvrage du Tout-puiſſant, qui gouverne les plus grands corps, comme les plus petits.

à Berlin ce 19 *Avril* 1760.

LETTRE II.

Dans l'eſpérance que V. A. agréera la continuation des inſtructions dont j'ai pris la liberté de lui préſenter un eſſai par ma premiére lettre, je vais développer l'idée de la vîteſſe, qui eſt une eſpèce de grandeur particuliére, & ſuſceptible d'augmentation & de diminution. Quand une choſe eſt tranſportée, & qu'elle paſſe d'un endroit à un autre, on lui attribue une vîteſſe. Qu'un courier à cheval & un meſſager à pied, paſſent de Berlin à Magdebourg, on conçoit dans l'un & dans l'autre une certaine viteſſe, mais on dit que celle du premier ſurpaſſe celle du dernier. Il s'agit donc d'éxaminer, en quoi conſiſte la différence que nous mettons entre ces deux vîteſſes. Le chemin eſt le même pour le courier & pour le meſſager, mais la différence conſiſte au tems que l'un & l'autre met à le faire. La vîteſſe du courier eſt plus grande, parcequ'il employe moins de tems à aller de Berlin à Magdebourg, & celle du meſſager plus petite puiſqu'il en employe davantage; il eſt donc clair que, pour ſe former une idée juſte de la vîteſſe, il faut avoir égard à deux eſpèces de quantité à la fois, c'eſt-à-dire, au chemin parcouru, & au tems qui s'eſt écoulé. Donc un corps qui parcourt en même tems un double chemin, a double vîteſſe, s'il parcourt en même tems un chemin

trois fois plus grand, sa vîtesse est estimée trois fois plus grande, & ainsi de suite. On connoîtra donc la vîtesse d'un corps, quand on sait le chemin qu'il parcourt dans un certain tems. Pour connoître la vîtesse de ma marche, quand je vais à Lytzow *, j'ai observé que je fais 120 pas dans une minute; un de mes pas vaut deux pieds & demi; ma vîtesse est donc telle, que je parcours un chemin de 300 pieds dans une minute, & un chemin soixante fois plus grand, ou de 18000 pieds dans une heure, ce qui ne fait pas encore un mille, qui étant 24000 pieds demanderoit une heure & 20 minutes; si donc je voulois marcher d'ici à Magdebourg, j'emploïerois précisément 24 heures. Voilà une juste idée de la vîtesse dont je puis marcher; d'où l'on peut aisément comprendre, ce que c'est qu'une vîtesse plus grande & plus petite. Car si un courier alloit d'ici à Magdebourg en 12 heures, sa vîtesse seroit double de la mienne; & s'il alloit en 8 heures, elle seroit triple. Nous remarquons une très-grande différence parmi les vîtesses. La tortue nous donne l'éxemple d'une vitesse très-petite; si elle n'avance que d'un pied par minute, sa vîtesse est 300 fois plus petite que la mienne, puisque je fais 300 pieds dans le même tems. Nous connoissons aussi des vîtesses beaucoup plus grandes. Celle du vent varie beaucoup: un vent médiocre

* Village à une lieue de Berlin.

fait 10 pieds dans une feconde, ou 600 pieds dans une minute; il marche donc deux fois plus vite que moi. Un vent qui parcourt 20 pieds dans une feconde ou 1200 dans une minute, eft déja paffablement fort; donc un vent qui parcourt 50 pieds dans une feconde eft extrèmement fort, quoique fa viteffe ne foit que 10 fois majeure de la mienne, & qu'il lui faille 2 heures & 24 minutes pour fouffler d'ici à Magdebourg.

Vient enfuite la viteffe du fon, qui fait 1000 pieds dans une feconde, & 60000 pieds dans une minute. Cette viteffe eft donc 200 fois plus grande que celle de ma marche; & fi l'on tiroit un canon à Magdebourg, dont le bruit put paffer jufqu'à Berlin, il y arriveroit en 7 minutes. Un boulet de canon fe meut à-peu-près avec la même vîteffe; mais quand on emploïe la plus grande charge, on compte qu'il peut bien parcourir 2000 pieds dans une feconde ou 120,000 dans une minute. Cette viteffe nous paroît prodigieufe, quoiqu'elle ne furpaffe que 400 fois celle de ma marche à Lytzow; auffi eft-ce la plus grande viteffe, que nous appercevons fur la terre. Mais il eft dans les cieux des viteffes beaucoup plus grandes, quoique les mouvemens nous en paroiffent fort tranquilles. V. A. fait que la terre tourne fur fon axe en 24 heures, cette viteffe parcourt donc fous l'équateur 5400 milles en 24 heures, pendant que je ne puis parcourir que 18 milles. Elle eft donc 300 fois plus grande que

la mienne, & plus petite cependant que la plus grande viteſſe d'un boulet de canon. La terre fait ſa révolution autour du ſoleil dans l'eſpace d'un an, en parcourant 128,250 milles dans 24 heures; donc ſa viteſſe eſt 18 fois plus rapide que celle d'un boulet de canon. La plus grande viteſſe que nous connoiſſions eſt ſans-doute celle de la lumiére, qui parcourt 2,000,000 milles chaque minute, & qui ſurpaſſe celle d'un boulet de canon 400,000 fois.

ce 22 Avril 1760.

LETTRE III.

Les éclairciſſemens ſur les divers dégrés de viteſſe, que j'ai pris la liberté de préſenter à V. A., me conduiſent à l'éxamen du ſon, ou d'un bruit quelconque en général; il faut remarquer qu'il s'écoule toujours quelque tems avant qu'il parvienne juſqu'à nos oreilles, & que ce tems eſt d'autant plus long, que le lieu où le ſon eſt produit eſt plus éloigné de nous; enſorte que pour ſe communiquer à la diſtance de 1000 pieds, il lui faut une ſeconde.

Quand on tire le canon, ceux qui en ſont éloignés, n'entendent le bruit, que quelque tems après qu'ils ont vu le feu. Ceux qui ſont éloignés d'un mille ou de 24000 pieds, n'entendent le bruit que 24 ſecondes après la vue

du feu. V. A. aura ſûrement remarqué ſouvent, que le bruit du tonnerre ne parvient à nos oreilles, que quelque tems après l'éclair : & c'eſt par-là qu'on peut juger à quelle diſtance de nous ſe trouve l'endroit où le tonnerre eſt formé. Si, par éxemple, nous obſervons qu'il s'écoule 20 ſecondes entre l'éclair & le bruit du tonnerre, nous pouvons conclure que le ſiége du tonnerre eſt éloigné de nous de 20 mille pieds, en comptant mille pieds de diſtance pour chaque ſeconde. Cette belle propriété nous conduit à éxaminer en quoi conſiſte le ſon ; ſi ſa nature eſt ſemblable à celle de l'odeur, ou ſi le ſon part du corps qui le rend, comme l'odeur ſort de la fleur, en rempliſſant l'air d'exhalaiſons ſubtiles, propres à exciter le ſens de notre odorat. Les anciens peuvent avoir eu cette idée, mais nous ſommes bien convaincus à-préſent, qu'il ne ſort rien d'une cloche frappée, qui ſoit tranſporté dans nos oreilles, & qu'aucun corps qui ſonne ne perd rien de ſa ſubſtance. Qu'on regarde une cloche frappée, ou une corde pincée, on s'appercevra que ces corps ſe trouvent alors dans un tremblement, dans un ébranlement dont toutes leurs parties ſont agitées : & tout corps ſuſceptible d'un tel ébranlement dans ſes parties, produit auſſi un ſon. On peut voir *Tab. I. fig.* 1. ces ébranlemens ou vibrations dans une corde, quand elle n'eſt pas trop mince ; la corde tendue ACB paſſe alternativement dans la ſituation AMB & ANB

où je les ai repréſentées beaucoup plus ſenſiblement qu'elles n'arrivent en effet. Il faut puis obſerver, que ces vibrations mettent l'air voiſin dans une vibration pareille, qui ſe communiquant ſucceſſivement aux parties plus éloignées de l'air, celles-ci viennent enfin frapper l'organe de notre oreille. C'eſt donc l'air qui reçoit ces vibrations, & qui tranſporte le ſon juſqu'à nos oreilles; il eſt donc clair, que la perception du ſon n'eſt autre choſe, que le choc que nos oreilles reçoivent par l'ébranlement de l'air qui ſe communique chez nous à l'organe de l'ouïe; & quand nous entendons le ſon d'une corde pincée, nos oreilles reçoivent autant de coups de l'air que la corde fait de vibrations en même tems. Ainſi, ſi la corde fait 100 vibrations dans une ſeconde, l'oreille reçoit auſſi 100 coups dans le même tems, & la perception de ces coups eſt ce qu'on nomme un ſon. Lorſque ces coups ſe ſuivent également, ou que leurs intervalles ſont tous égaux, le ſon eſt régulier, & tel qu'on l'éxige dans la muſique; mais quand ces coups ſe ſuccèdent inégalement, ou que leurs intervalles ſont inégaux entr'eux, il en réſulte un bruit irrégulier, tout-à-fait impropre pour la muſique. Quand je conſidère un peu plus attentivement les ſons de la muſique, dont les vibrations ſe font également, je remarque d'abord que, lorſque les vibrations, ainſi que les coups dont l'oreille eſt frappée, ſont plus ou moins forts, il n'en réſulte d'autre différence

dans le ſon, ſi ce n'eſt qu'il devient plus ou moins fort, ce qui produit la différence que les muſiciens indiquent par les mots *forte* & *piano*. Mais il y a une différence beaucoup plus eſſentielle, lorſque les vibrations ſont plus ou moins rapides, ou qu'il en arrive plus ou moins dans une ſeconde. Quand une corde achève 100 vibrations dans une ſeconde, & une autre corde 200 vibrations dans le même tems, leurs ſons ſeront eſſentiellement différens; le premier ſera plus grave ou plus bas, & l'autre plus aigu ou plus haut. Voilà donc la véritable diférence entre les ſons graves & aigus, ſur laquelle roule toute la muſique, qui enſeigne à mêler des ſons qui difèrent entr'eux par rapport au grave & à l'aigu, mais tellement unis enſemble, qu'il en réſulte une agréable harmonie. Dans les ſons graves il y a moins de vibrations en même tems, que dans les ſons aigus; & chaque ſon ſur le clavecin renferme un nombre certain & déterminé de vibrations, qui s'achèvent dans une ſeconde. Ainſi le ſon qui eſt marqué par la lettre *C*, rend à-peu-près 100 vibrations dans une ſeconde, & le ſon marqué par la lettre $\overline{\overline{\overline{c}}}$ rend 1600 vibrations dans le même eſpace de tems. Une corde, qui tremble 100 fois dans une ſeconde, donnera préciſément le ſon *C*, & ſi elle ne trembloit que 50 fois, le ſon ſeroit plus bas ou plus grave. Or à l'égard de nos oreilles, il y a des limites, au-delà deſquelles

les ſons ne ſont plus perceptibles. Il ſemble que nous ne ſaurions plus ſentir un ſon, qui fait moins de 20 vibrations par ſeconde, à cauſe de la trop grande baſſe, ni celui qui en feroit plus de 4000, à cauſe de ſa trop grande hauteur.

le 26 Avril 1760.

LETTRE IV.

VOTRE Alteſſe vient d'interrompre le fil de mes penſées d'une maniére très-gracieuſe . .

. . . .

. . . .

. . . .

C'eſt donc le cœur plein de reconnoiſſance que je retourne à mon ſujet. Pourſuivant avec zèle je reprendrai ma remarque, qu'en entendant un ſon ſimple de muſique, notre oreille eſt frappée d'une ſuite de coups également éloignés entr'eux, dont la fréquence & le nombre, produit, dans un certain eſpace de tems, la diférence qui règne entre les ſons graves & les ſons aigus: enſorte que, plus le nombre de vibrations ou de coups produits dans un certain tems, tel qu'une ſeconde, eſt petit, plus le ſon eſt eſtimé grave; & plus ce nombre eſt grand, plus le ſon eſt aigu. La ſenſation d'un ſon ſimple de muſique, peut donc être comparée à une ſuite de points égale-

ment éloignés entr'eux, comme . . . .
Si les intervalles entre ces points ſont plus grands ou plus petits, le ſon qui eſt produit ſera plus grave ou plus aigu. Il n'eſt pas douteux que la ſenſation d'un ſon ſimple ne ſoit ſemblable ou analogue à la vue d'une telle ſuite de points, également éloignés entr'eux ; on peut ainſi repréſenter aux yeux ce que les oreilles ſentent en entendant un ſon. Si les diſtances entre les points n'étoient pas égales, & que les points fuſſent rangés confuſément, ce ſeroit la repréſentation d'un bruit confus, contraire à l'harmonie. Cela poſé, conſidérons quel effet deux ſons rendus à la fois, doivent produire ſur l'oreille ; il eſt clair, d'abord, que ſi ces deux ſons ſont égaux, ou que chacun renferme le même nombre de vibrations dans le même tems, l'oreille en ſera affectée de la même maniére que d'un ſon ſeul ; & on dit en muſique, ces deux ſons ſont à l'uniſſon, ce qui eſt l'*accord* le plus ſimple, un *accord* étant nommé le mèlange de deux ou pluſieurs ſons qu'on entend à la fois. Et ſi les deux ſons difèrent par rapport au grave & à l'aigu, on appercevra un mêlange de deux ſuites de coups, dans chacune deſquelles les intervalles ſont égaux entr'eux, mais plus grands dans l'une que dans l'autre, celles-là répondant au ſon plus grave, & celles-ci au plus aigu. Ce mèlange ou cet accord de deux ſons peut être repréſenté aux yeux par deux ſuites de

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
a . . . . *b*
c . . . . *d*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

points rangés ſur deux lignes *ab* & *cd* : & pour avoir une idée juſte de ces deux ſuites, il faut appercevoir l'ordre qui y règne, ou ce qui revient au même, le rapport entre les intervalles de l'une & de l'autre ligne. Ayant numeroté les points de chaque ligne & mis le No. 1. ſous le No. 1; les No. 2. ne ſeront plus préciſément l'un ſous l'autre, & moins encore les No. 3. mais le nombre 11. ſe trouve juſtement au-deſſus du nombre 12. d'où l'on connoît que le ſon le plus haut fait 12 vibrations, & l'autre 11 ſeulement. Si l'on n'écrit pas les nombres, les yeux ne découvriront prèſque pas cet ordre; il en eſt de même des oreilles, qui le ſentiroient bien difficilement entre les deux ſons, que j'ai repréſentés par les deux rangs de points. Mais dans cette figure

. . . .
. . . . . .

on découvre au premier coup-d'œil, que la ligne d'en haut contient deux fois plus de points que celle d'en bas, ou que les intervalles dans la ligne d'en bas ſont deux fois plus grands que dans celle d'en haut. C'eſt ſans-doute le cas le plus ſimple après l'uniſſon, où l'on peut aiſément découvrir l'ordre dans ces deux ſuites de points; & il en eſt de même des deux ſons repréſentés par ces deux lignes de

points, dont l'un achèvera précisément le double de vibrations que l'autre, & l'oreille s'appercevra aisément du beau rapport qui se trouve entre ces deux sons, pendant que, dans le cas précédent, le jugement est très-difficile, s'il n'est pas impossible. Quand l'oreille découvre aisément le rapport qui règne entre deux sons, leur accord est nommé *consonance*; & si ce rapport est très-difficile, impossible même à sentir, l'accord est titré *dissonance*. La plus simple consonance est donc celle où le son aigu produit précisément deux fois plus de vibrations que le son grave. Cette consonance est nommée *octave* en musique: tout le monde en connoît la force, & deux sons qui difèrent précisément d'une octave, harmonient si parfaitement, & se ressemblent si fort, que les musiciens les marquent par les mèmes lettres. C'est pourquoi nous voyons que, dans les églises, les femmes chantent d'une octave plus haut que les hommes, & s'imaginent pourtant entonner les mêmes sons. V. A. s'assurera aisément de cette vérité sur un clavecin, & s'appercevra avec plaisir du bel accord entre tous les sons qui difèrent d'une octave, pendant que deux autres sons quelconques ne s'accordent pas si bien.

le 29 *Avril* 1760.

LETTRE V.

V[r]. A. aura déja vû que l'accord que les muſiciens nomment octave, frappe l'oreille d'une maniére ſi marquée, qu'on y découvre aiſément la moindre aberration. Ainſi, ayant entonné le ſon marqué F, on y accorde aiſément le ſon *f*, qui eſt plus haut d'une octave, par le ſeul jugement de l'oreille; & ſi la corde d'un ſon *f* eſt tant ſoit peu trop haute ou trop baſſe, l'oreille en eſt d'abord choquée, & rien n'eſt plus aiſé que de la mettre parfaitement d'accord. Auſſi voyons-nous que tout le monde paſſe aiſément, en chantant, d'un ſon à un autre qui eſt d'une octave plus haut ou plus bas. Mais s'il faut paſſer du ſon F au ſon *d*, par éxemple, un chanteur médiocre ſe trompera aiſément, s'il n'eſt pas ſécouru par un inſtrument; ayant fixé le ſon F, il eſt prèſqu'impoſſible d'y accorder tout d'un coup le ſon *d*. Quelle eſt donc la raiſon de cette différence, qu'il ſoit ſi aiſé d'accorder le ſon *f* au ſon F, & ſi difficile d'y accorder le ſon *d*? Elle eſt bien évidente par ce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. dans mes derniéres remarques : c'eſt que le ſon F & le ſon *f* font une octave, & que le nombre des vibrations du ſon *f* eſt préciſément le double de celui du ſon F. Pour appercevoir cet accord, il ne faut que ſentir la proportion d'un

d'un à deux, qui, comme elle ſaute d'abord aux yeux par la répréſentation des points dont je me ſuis ſervi, affecte les oreilles d'une maniére ſemblable. V. A. comprendra donc aiſément, que plus une proportion eſt ſimple, ou exprimée par de petits nombres, plus elle ſe préſente diſtinctement à l'entendement, & plus elle y excite un ſentiment de plaiſir. Les architectes obſervent auſſi très-ſoigneuſement cette maxime, en employant par-tout dans les bâtimens des proportions auſſi ſimples, que les circonſtances le leur permettent. Ils font ordinairement la hauteur dans les portes & les fenêtres deux fois plus grande que la largeur, & tâchent d'employer par-tout des proportions exprimables en de petits nombres, puiſque cela plait à l'entendement. Il en eſt de même de la muſique; les accords ne plaiſent qu'autant que l'eſprit y découvre la proportion qui règne entre les ſons, & cette proportion s'apperçoit d'autant plus aiſément, qu'elle eſt exprimée par de petits nombres. Et après la proportion d'égalité, qui marque deux ſons égaux ou à l'uniſſon, la proportion de deux à un eſt ſans-doute la plus ſimple, & c'eſt celle qui fournit l'accord d'une octave: dès-lors il eſt évident, que cet accord eſt doué de beaucoup de prérogatives parmi les autres conſonances. Après cette explication de l'accord ou de l'intervalle entre deux ſons, que les muſiciens nomment *octave*, conſidérons pluſieurs ſons, comme *F*, *f*,

$\overline{f}$ $\overline{\overline{f}}$ $\overline{\overline{\overline{f}}}$, dont chacun eſt d'une octave plus haut que le précédent; puis donc que l'intervalle de F à f, de f à $\overline{f}$, de $\overline{f}$ à $\overline{\overline{f}}$, de $\overline{\overline{f}}$ à $\overline{\overline{\overline{f}}}$, eſt une octave, l'intervalle de F à $\overline{f}$, ſera une double octave, celui de F à $\overline{\overline{f}}$ une triple octave, & celui de F à $\overline{\overline{\overline{f}}}$ une quadruple octave. Or pendant que le ſon F rend une vibration, le ſon f en rend deux, le ſon $\overline{f}$, quatre, le ſon $\overline{\overline{f}}$ huit, le ſon $\overline{\overline{\overline{f}}}$ ſeize: d'où nous voyons que, comme une octave répond 1 à 2, une double octave répond 1 à 4, une triple 1 à 8, & une quadruple à celle de 1 à 16. Et la proportion de 1 à 4 n'étant plus ſi ſimple que celle de 1 à 2, puiſqu'elle ne ſaute plus ſi aiſément aux yeux, une double octave ne s'apperçoit pas ſi aiſément qu'une ſimple; une triple eſt encore moins perceptible, & une quadruple bien moins encore. Quand donc, en accordant un clavecin, on a fixé le ſon F, il n'eſt pas ſi aiſé d'y accorder la double octave $\overline{f}$, que la ſimple f; & il eſt plus difficile encore d'y accorder la triple octave $\overline{\overline{f}}$ & la quadruple $\overline{\overline{\overline{f}}}$, ſans y monter par les octaves intermédiaires. Ces accords ſont auſſi compris dans le terme de conſonance; & puiſque celle de l'uniſſon eſt la plus ſimple, on peut les ranger ſelon les dégrés ſuivans.

I. Dégré, l'uniſſon, indiqué par la proportion de 1 à 1.

II. Dégré, l'octave continue, dans la proportion de 1 à 2.

III. Dégré, la double octave, dans la proportion de 1 à 4.

IV. Dégré, la triple octave, dans la proportion de 1 à 8.

V. Dégré, la quadruple octave, dans la proportion de 1 à 16.

VI. Dégré, la quintuple octave, dans la proportion de 1 à 32.

Et ainſi de ſuite, tant que les ſons ſont encore ſenſibles. Ce ſont les accords, ou conſonances, à la connoiſſance deſquelles nous avons été conduits juſqu'ici; & nous ne ſavons rien encore des autres eſpèces de conſonances, & encore moins des diſſonances, dont on fait uſage dans la muſique. Mais avant de paſſer à l'explication de celles-ci, je dois ajouter une remarque ſur le nom d'octave, qu'on donne à l'intervalle de deux ſons, dont l'un fait deux fois plus de vibrations que l'autre. V. A. en voit la raiſon dans les touches principales du clavecin, qui montent par 7 dégrés avant que d'arriver à l'octave, comme *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *A*, *H*, *c*, deſorte que la touche *c* eſt la huitiéme, en comptant *C* la premiére. Et cette diviſion dépend d'une certaine eſpèce de muſique, dont la raiſon ne ſauroit ètre expoſée que dans la ſuite.

le 3. *May* 1760.

LETTRE VI.

On peut dire que toutes les proportions de 1 à 2, de 1 à 4, de 1 à 8, de 1 à 16, que nous avons conſidérées juſqu'ici, & qui renferment la nature d'une octave ſimple, double, triple, ou quadruple, tirent leur origine du ſeul nombre 2, puiſque 4 eſt deux fois deux, 8 deux fois quatre, & 16 deux fois huit. Ainſi en n'admettant que le nombre *deux* dans la muſique, on ne parvient qu'à la connoiſſance des accords ou conſonances, que les muſiciens nomment octave ſimple, double, ou triple; &, puiſque le nombre 2 ne fournit par ſa réduplication, que les nombres 4, 8, 16, 32, 64, l'un étant toujours double de l'autre, tous les autres nombres reſtent inconnus pour nous. Or ſi un inſtrument ne contenoit que des octaves, comme les ſons marqués C, c, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, & que tous les autres en fuſſent exclus, il ne ſauroit produire aucune muſique agréable, par ſa trop grande ſimplicité. Introduiſons donc avec le nombre 2, le nombre 3 encore, & voyons quels accords ou quelles conſonances il en réſulteroit. La proportion de 1 à 3 nous préſente d'abord deux ſons, dont l'un rend trois fois plus de vibrations que l'autre, dans le même tems. Cette proportion eſt ſans-doute la plus aiſée à comprendre, après celle de 1 à 2, ainſi elle fournira

des conſonances fort belles, mais d'une nature tout-à-fait diférente de celle des octaves. Suppoſons donc que, dans la proportion de 1 à 3, le nombre 1 réponde au ſon *C*; puiſque le ſon *c* eſt exprimé par le nombre 2, le nombre 3 nous donne un ſon plus haut que *c*, mais pourtant plus bas que le ſon $\overline{c}$, qui répond au nombre 4. Or le ſon exprimé par 3 eſt celui que les muſiciens marquent par la lettre *g*, & ils nomment l'intervalle de *c* à *g*, *une quinte*, puiſque dans les touches d'un clavecin, celle de *g* eſt la cinquiéme depuis *c*, comme *c*, *d*, *e*, *f*, *g*. Donc ſi le nombre 1 donne le ſon C, le nombre 2 donne *c*, le nombre 3 donne *g*, le nombre 4 le ſon $\overline{c}$; & puiſque le ſon $\overline{g}$ eſt l'octave de *g*, ſon nombre ſera 2 fois 3, & partant 6, & montant encore d'une octave, le ſon $\overline{\overline{g}}$ ſera deux fois plus grand, & partant 12. Tous les ſons, donc, auxquels les deux nombres 2 & 3 nous conduiſent en indiquant le ſon *C* par 1, ſont: $C \,.\, c \,.\, g \,.\, \overline{c} \,.\, \overline{g} \,.\, \overline{\overline{c}} \,.\, \overline{\overline{g}} \,.\, \overline{\overline{\overline{c}}}$

1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12 . 16

Il eſt clair, dès-lors, que la proportion de 1 à 3 exprime un intervalle compoſé d'une octave & d'une quinte, & que cet intervalle, à cauſe de la ſimplicité de ſes nombres, doit être, après l'octave, le plus ſenſible à l'oreille. Auſſi les muſiciens donnent-ils le ſecond rang à la quinte parmi les conſonances; & l'oreille en eſt affectée ſi agréablement, qu'il eſt fort

aiſé d'accorder une quinte. C'eſt pourquoi, ſur les violons, les quatre cordes montent par des quintes, la plus baſſe étant *g*, la ſeconde $\overline{d}$, la troiſiéme $\overline{a}$, & la quatriéme $\overline{\overline{e}}$; & chaque muſicien les met aiſément d'accord par l'oreille ſeule. Cependant une quinte ne s'accorde pas ſi aiſément qu'une octave; mais la quinte au-deſſus de l'octave, comme de *C* à *g*, étant exprimée par la proportion de 1 à 3, eſt plus ſenſible qu'une ſimple quinte, comme de *C* à *G*, ou de *c* à *g* qui eſt exprimée par la proportion de 2 à 3; & l'on ſait auſſi par expérience, qu'ayant fixé le ſon *C*, il eſt plus aiſé d'y accorder la quinte ſupérieure *g*, que la ſimple *G*. Si l'unité nous avoit marqué le ſon *F*, le nombre 3 marqueroit le ſon $\overline{c}$. enſorte que $F \,.\, f \,.\, \overline{c} \,.\, \overline{f} \,.\, \overline{\overline{c}} \,.\, \overline{\overline{f}} \,.\, \overline{\overline{\overline{c}}}$ ſeroient marqués par 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12. où de *f* à $\overline{c}$ l'intervalle eſt une quinte, contenue dans la proportion de 2 à 3; de $\overline{f}$ à $\overline{\overline{c}}$, de $\overline{\overline{f}}$ à $\overline{\overline{\overline{c}}}$ il y a auſſi une quinte, puiſque la proportion de 4 à 6 & de 8 à 12 eſt la même que celle de 2 à 3. Car ſi deux aunes coutent 3 écus, 4 aunes en couteront 6, & 8 aunes 12. De-là nous arrivons à la connoiſſance d'un autre intervalle contenu dans la proportion de 3 à 4, qui eſt de $\overline{c}$ à $\overline{f}$; & par conſéquent auſſi de *c* à *f*, ou de *C* à *F*, que les muſiciens nomment une *quarte*, qui étant exprimée par de plus grands nombres, n'eſt pas ſi agréable à beaucoup près que la quin-

te, & moins encore que l'octave. Comme le nombre 3 nous a fourni ces nouveaux accords ou consonances de la quinte & de la quarte, prenons avant que d'en employer d'autres, le nombre 3 encore trois fois, pour avoir le nombre 9, qui donnera un son plus haut que le son 3 ou $\bar{c}$ d'une octave & d'une quinte, où $\bar{\bar{c}}$ est l'octave de $\bar{c}$ & $\bar{\bar{g}}$ la quinte de $\bar{\bar{c}}$; donc le nombre 9 donne le son $\bar{\bar{g}}$, ensorte que $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$, seront marqués par 6, 8, 9, 12, où prenant ces sons dans les octaves inférieures, les proportions demeurant les mêmes, on aura:

C. F. G. c . f . g . $\bar{c}$. $\bar{f}$. $\bar{g}$. $\bar{\bar{c}}$. $\bar{\bar{f}}$. $\bar{\bar{g}}$. $\bar{\bar{\bar{c}}}$
6. 8. 9. 12. 16. 18. 24 . 32 . 36 . 48 . 64 . 72 . 96

d'où nous parvenons à la connoissance de nouveaux intervalles.

Le premier est celui de *F* à *G* contenu dans la proportion de 8 à 9, que les musiciens nomment une *seconde*, ou *ton entier*. Le second est de *G* à *f*, contenu dans la proportion de 9 à 16, appellé *septiéme*, & qui est d'une seconde ou d'un ton entier plus petit qu'une octave. Ces proportions étant déja exprimées par des nombres considérablement grands, les intervalles ne sont plus comptés parmi les consonances, & les musiciens les nomment *dissonances*.

Si nous prenons encore trois fois le nombre 9, pour avoir 27, il marquera un ton plus haut que $\bar{c}$ & précisément d'une quinte plus

haut que *g*, ce ſera donc le ton $\overline{d}$, & ſon octave $\overline{\overline{d}}$ répondra au nombre 2 fois 27 ou 54, & la double octave $\overline{\overline{\overline{d}}}$ au nombre 2 fois 54 ou 108. Repréſentons ces tons, de quelques octaves plus bas, de la maniére ſuivante:

C, D, F, G, c, d, f, g, $\overline{c}$, $\overline{d}$, $\overline{f}$, $\overline{g}$,
24.27.32.36.48.54.64.72.96.108.128.144.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{d}}$, $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{g}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$,
192.216.256.288.384.

Nous y voyons que l'intervalle *D* à *F* eſt contenu dans la proportion de 27 à 32, & celui de *F* à *d* dans la proportion de 32 à 54, que nous pouvons prendre la moitié de 16 à 27, dont la premiére eſt nommée *tierce mineure*, & l'autre *ſexte majeure*. On pourroit encore tripler le nombre 27, mais la muſique ne paſſe pas ſi loin, & on ſe borne au nombre 27 réſultant de 3, en le multipliant pour la troiſiéme fois par lui-même; les autres tons de muſique, qui nous manquent encore, ſont introduits par le nombre 5, que je développerai dans la lettre ſuivante.

le 3 de May 1760.

LETTRE VII.

La matiére ſur laquelle je prends la liberté d'entretenir V. A. eſt ſi ſeche, que je crains qu'elle ne vous ennuye; pour ne pas employer trop de tems, & ne point revenir à un ſujet ſi déſagréable, j'envoye aujourd'hui trois let-

tres à la fois. Mon intention étoit de mettre sous les yeux de V. A. la véritable origine, prèsqu'absolument inconnue aux musiciens, des sons employés dans la musique. Ce n'est point à la théorie qu'ils doivent la connoissance de tous les tons; mais plutôt à une force occulte de la véritable harmonie, qui a opéré si efficacement sur les oreilles, qu'elles ont, pour ainsi dire, été contraintes à recevoir les tons qui sont actuellement en usage, quoiqu'ils ne soient pas encore bien décidés sur leur juste détermination. Les principes de l'harmonie se réduisent enfin à des nombres, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A. & j'ai remarqué, que le nombre 2 ne fournit que des octaves, ensorte qu'ayant, par éxemple, fixé le ton *F*, nous avons été conduits aux sons, f, $\overline{f}$, $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{\overline{f}}}$. Ensuite le nombre 3 fournit les tons, *C*, *c*, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, qui difèrent de ceux-là d'une quinte; & la répétition de ce même nombre 3 fournit encore les quintes des premiéres, qui sont *G*, *g*, $\overline{g}$, $\overline{\overline{g}}$, $\overline{\overline{\overline{g}}}$, & enfin la troisiéme répétition de ce nombre 3 y ajoute encore les tons *D*, *d*, $\overline{d}$, $\overline{\overline{d}}$. Les principes de l'harmonie, étant donc attachés à la simplicité, ne semblent pas permettre qu'on pousse plus loin la répétition du nombre 3, ainsi jusqu'à-présent nous n'avons que les tons suivans pour chaque octave

F . *G* . *c* . *d* . *f* .

16 . 18 . 24 . 27 . 32. qui n'admettent pas

certainement une muſique bien variée. Mais introduiſons encore le nombre 5, & voyons quel ſera le ton qui rend 5 vibrations, pendant que le ton *F* n'en fait qu'une. Or le ton *f* fait en même tems 2; le ton $\bar{f}$ 4; & le ton $\bar{\bar{c}}$, 6. Le ton en queſtion eſt donc entre $\bar{f}$ & $\bar{\bar{c}}$, & c'eſt celui que les muſiciens indiquent par la lettre $\bar{a}$, dont l'accord avec le ton $\bar{f}$ eſt nommé *tierce majeure*, & ſe trouve faire une conſonance fort agréable, étant contenu dans la proportion des aſſez petits nombres 4 à 5. De plus ce ton $\bar{a}$ avec le ton $\bar{\bar{c}}$ fait un accord contenu dans la proportion de 5 à 6, qui eſt prèſque auſſi agréable que celui-là, & qu'on nomme auſſi *tierce mineure*, comme celle dont nous avons déja parlé, contenue entre les nombres 27 & 32, puiſque la diférence eſt prèſque inſenſible à l'oreille. Ce même nombre 5 étant appliqué aux autres tons *G*, *c*, *d*, ils nous donneront de la même maniére leurs tierces majeures, priſes dans la ſeconde octave au-deſſus, c'eſt-à-dire, les ſons $\bar{h}$ $\bar{\bar{e}}$ & $\bar{\bar{fs}}$ qui, étant tranſportés dans la premiére octave, donneront les tons ſuivans avec leurs nombres.

F .	*Fs* .	*G* .	*A* .	*H* .	*c* .	*d* .	*e* .	*f* .
128 .	135 .	144 .	160 .	180 .	192 .	216 .	240 .	256 .

Otez les tons *Fs*, & vous aurez les touches principales du clavecin, qui, ſelon les anciens, conſtituent le genre nommé *diatonique*, & qui réſulte du nombre 2, du nombre 3 répetté trois fois, & du nombre 5. En n'admettant

que ces tons, on eſt en état de compoſer des mélodies très-belles & très-variées, dont la beauté eſt uniquement fondée ſur la ſimplicité des nombres qui ont fourni ces tons. Enfin, en appliquant pour la ſeconde fois le nombre 5, il fournira les tierces de quatre nouveaux tons, *A*, *E*, *H*, *Fs*, que nous venons de trouver, nous aurons les ſons *Cs*, *Gs*, *Ds* & *B*, deſorte qu'à-préſent l'octave eſt remplie des 12 tons, qui ſont reçus dans la muſique. Tous ces tons tirent leur origine de ces trois nombres 2, 3 & 5, en repliquant 2 autant de fois que les octaves le demandent; mais pour le 3, on ne le replique que trois fois, & le nombre 5 deux fois ſeulement. Voilà donc tous les tons de la premiére octave exprimés par les nombres ſuivans, où ſe voit la compoſition de chacun des nombres 2, 3 & 5

			Différence.
C	2.2.2.2.2.2.2.3...	384	
Cs	2.2.2.2.5.5.......	400	16
D	2.2.2.2.3.3.3.....	432	32
Ds	2.3.3.3.5.........	450	18
E	2.2.2.2.2.3.5.....	480	30
F	2.2.2.2.2.2.2.2.2.	512	32
Fs	2.2.3.3.3.5.......	540	28
G	2.2.2.2.2.2.3.3...	556	36
Gs	2.2.2.3.5.5.......	600	24
A	2.2.2.2.2.2.2.5...	640	40
B	3.3.3.5.5.........	675	35
H	2.2.2.2.3.3.5.....	720	45
c	2.2.2.2.2.2.2.2.3.	768	48

pendant que le ſon *C* rend 384 vibrations, ce-

lui *Cs* rend 400, & les autres autant que marquent les nombres adjoints: le ſon *c* rendra donc en même tems 768, double du nombre 384. Et pour les octaves ſuivantes, il ne faut que multiplier ces nombres par 2, par 4, ou par 8. Ainſi le ſon $\overline{c}$ rendra deux fois 768 ou 1535 vibrations, le ſon $\overline{\overline{c}}$, 2 fois 1536 ou 3072 vibrations, & le ſon $\overline{\overline{\overline{c}}}$, 2 fois 3072 ou 6144 vibrations. Pour comprendre la formation des ſons de ces trois nombres 2, 3 & 5, il faut remarquer, que les points mis entre ces nombres ſignifient la multiplication; ainſi, pour le ton *Fs* l'expreſſion 2.2.3.3.3.5, ſignifie 2 fois 2 fois 3 fois 3 fois 3 fois 5. Or 2 fois 2 eſt 4, 4 fois 3 eſt 12, 12 fois 3 eſt 36, & 36 fois 3 eſt 108, 108 fois 5 eſt 540. On voit par-là que les diférences entre ces tons ne ſont pas égales entr'elles, mais qu'il en eſt de plus grandes & de plus petites; c'eſt ce qu'éxige la véritable harmonie. Cependant l'inégalité n'étant pas conſidérable, on regarde communément toutes ces diférences comme égales, en nommant le ſaut d'un ton à l'autre *ſemiton*; &, de cette maniére, l'octave eſt diviſée en 12 *ſemitons*. Bien des muſiciens les font à-préſent égaux, quoique cela ſoit contraire aux principes de l'harmonie, parce qu'aucune quinte ni aucune tierce n'eſt juſte, & que l'effet eſt le même, que ſi ces tons n'étoient pas bien accordés. Auſſi conviennent-ils qu'il faut renoncer à la juſteſſe des accords, pour obtenir l'avantage de l'égalité des

ſemitons, enſorte que la tranſpoſition d'un ton à un autre, quelconque, ne change rien dans les mélodies. Ils avouent cependant que la même piéce joûée du ton *C* ou du demi-ton plus haut *Cs*, change conſidérablement de nature; il eſt donc clair, que tous les demi-tons ne ſont effectivement pas égaux, quelqu'effort que faſſent les muſiciens pour les rendre tels, parceque la véritable harmonie s'oppoſe à l'exécution d'un deſſein qui lui eſt contraire. Telle eſt donc la véritable origine des tons à-préſent en uſage, tirés des nombres 2, 3, & 5. Si l'on vouloit encore introduire le nombre 7, celui des tons d'une octave deviendroit plus grand, & la muſique ſeroit portée à un dégré ſupérieur. Mais c'eſt ici que la mathématique cède l'harmonie à la muſique.

le 3. *May* 1760.

LETTRE VIII.

UNE queſtion auſſi importante que curieuſe, eſt de ſavoir comment une belle muſique excite en nous le ſentiment du plaiſir? Les ſavans ſont bien partagés là-deſſus. Quelques-uns prétendent, que c'eſt pure bizarrerie, & que le plaiſir que cauſe la muſique, n'eſt fondé ſur aucune raiſon, parceque la même muſique qui flatte les uns déplait aux autres. Bien loin que cela décide la queſtion, elle en devient plus com-

pliquée; on veut ſavoir pourquoi la même piéce de muſique peut produire des effets ſi diférens, puiſqu'il faut convenir qu'il n'arrive rien ſans raiſon. D'autres ſoutiennent que le plaiſir éprouvé par l'ouïe d'une belle muſique, conſiſte dans la perception de l'ordre qui y règne. Ce ſentiment paroît d'abord aſſez bien fondé, & mérite d'être éxaminé plus ſoigneuſement. La muſique renferme deux eſpèces d'objets, où l'ordre doit ſe rencontrer. L'un ſe rapporte à la diférence des tons hauts ou bas, aigus ou graves; & V. A. ſe ſouviendra qu'elle eſt contenue dans le nombre de vibrations que chaque ton rend en même tems. Cette diférence qui ſe trouve entre la viteſſe des vibrations de tous les tons, eſt ce qui ſe nomme, proprement, harmonie. L'effet d'une muſique, dont on ſent les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons tiennent entr'eux, eſt la production de l'harmonie. Ainſi, deux tons qui diférent d'une octave, excitent le ſentiment de la proportion de 1 à 2; une quinte, de celle de 2 à 3; & une tierce majeure, de celle de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui ſe trouve dans quelque harmonie, quand on connoît toutes les proportions qui règnent entre les tons dont l'harmonie eſt compoſée, & c'eſt le ſentiment des oreilles qui conduit à cette connoiſſance. Ce ſentiment plus ou moins délicat, décide pourquoi la même harmonie eſt apperçue par l'un, & point du tout par l'autre, ſur-tout

quand les proportions entre les tons ſont exprimées par des nombres un peu grands. La muſique renferme, outre l'harmonie, un autre objet auſſi ſuſceptible d'ordre, la *meſure*, par laquelle on aſſigne à chaque ton une certaine durée: & la perception de la meſure conſiſte dans la connoiſſance de la durée de tous les tons, & des proportions qui en naiſſent, à ſavoir, ſi un ton dure deux fois, trois fois, ou quatre fois plus qu'un autre. Le tambour & la timbale nous fourniſſent une muſique, où la ſeule meſure a lieu, puiſque tous les tons ſont égaux entr'eux, & là il n'y a point d'harmonie; il y a auſſi une muſique, toute en hamonie, ſans la meſure. Cette muſique eſt le choral, où tous les tons ſont d'une même durée; mais une muſique parfaite contient & l'harmonie & la meſure. Ainſi l'amateur qui entend une muſique, & qui comprend, par le ſentiment de ſes oreilles, toutes les proportions ſur leſquelles l'harmonie & la meſure ſont fondées, a certainement la plus parfaite connoiſſance poſſible de cette muſique; tandis qu'un autre, qui n'apperçoit ces proportions qu'en partie, ou point du tout, n'y comprend rien, ou n'en a qu'une connoiſſance imparfaite. Mais l'objet en queſtion, le plaiſir, eſt bien diférent encore de cette connoiſſance, dont je viens de parler, quoiqu'on puiſſe ſoutenir hardiment, qu'une muſique ne ſauroit en produire, à moins qu'on n'en ait une connoiſſance. Car la connoiſſance ſeule de toutes les

proportions qui règnent dans une musique, tant à l'égard de l'harmonie que de la mesure, ne suffit pas pour exciter le sentiment du plaisir; il faut quelque chose de plus, que personne n'a encore développé. Pour se convaincre, que la seule perception de toutes les proportions d'une musique n'est pas suffisante, il ne faut que considérer une musique fort simple, qui ne marche que par des octaves, où la perception des proportions est certainement la plus aisée; il s'en faut de beaucoup que cette musique cause du plaisir, quoiqu'on en ait la plus parfaite connoissance. On dit alors, que le plaisir demande une connoissance qui ne soit pas trop facile, & qui éxige quelque peine; qu'il faut, pour ainsi dire, qu'elle nous coute quelque chose. Mais à mon avis cela ne suffit pas encore. Une dissonance, dont la proportion consiste en de plus grands nombres, est plus difficile à être comprise; cependant une suite de dissonances mises sans choix & sans dessein ne sauroit plaire. Il faut donc que le compositeur ait suivi, dans sa composition, un certain plan, éxécuté par des proportions réelles & perceptibles; alors, quand un connoisseur entend cette piéce, &, qu'outre les proportions, il comprend le plan & le dessein même que le compositeur avoit en vue: il sentira cette satisfaction, qui constitue ce plaisir dont une belle musique frappe les oreilles intelligentes. Il provient donc de ce qu'on dévine en quelque maniére les vues & les sentimens du

du compoſiteur, dont l'éxécution, en tant qu'on la juge heureuſe, remplit l'eſprit d'une ſenſation agréable. C'eſt une ſatisfaction à-peu-près pareille à celle qu'on reſſent en voyant une belle pantomime, où l'on peut déviner par les geſtes & les actions, les ſentimens & les diſcours que l'on veut exprimer, en éxécutant de plus un plan bien ordonné. L'énigme du ramoneur qui a tant plu à V. A. me fournit auſſi une belle comparaiſon. Dès qu'on en dévine le ſens, & qu'on reconnoît qu'il eſt parfaitement exprimé dans la propoſition de l'énigme, on reſſent un plaiſir vif de ſa découverte, mais les énigmes plattes & mal dirigées n'en cauſent aucun. Tels ſont, à mon avis, les vrais principes, ſur leſquels ſont fondés les jugemens ſur la beauté des piéces de muſique.

le 6 de May 1760.

LETTRE IX.

L'EXPLICATION du ſon, que j'ai eu l'honneur de préſenter à V. A. me conduit à la conſidération plus particuliére de l'air, qui, ſuſceptible d'un mouvement de vibration, tel que celui dont les corps ſonores, comme les cordes, les cloches &c. ſont agités, en tranſmet l'ébranlement juſqu'à nos oreilles. On demande ce que c'eſt que l'air, n'appercevant

pas d'abord que ce ſoit une matiére. Il ſemble que, puiſque nous n'y voyons point de corps ſenſibles, l'eſpace qui nous environne ne contient aucune matiére, car nous n'y ſentons rien, & nous pouvons marcher & mouvoir nos membres à travers, ſans rencontrer le moindre obſtacle; mais il n'y a qu'à frapper bien vite de la main, pour ſentir quelque réſiſtance, & s'appercevoir même d'un vent produit par ce mouvement rapide. Auſſi le vent n'eſt-il autre choſe que l'air mis en mouvement; & puiſqu'il eſt capable de produire des effets ſi ſurprenans, comment douter, que l'air ne ſoit une matiére & par conſéquent un corps? Car corps & matiére ſont ſynonimes. Les corps ſe diſtinguent en deux eſpèces, en ſolides & fluides; & il eſt évident, que l'air doit être rapporté à la claſſe des fluides. Il a pluſieurs propriétés communes avec l'eau, mais il eſt beaucoup plus ſubtil & plus délié. On a conclu par des expériences, que l'air eſt environ 800 fois plus ſubtil & plus raréfié que l'eau; & que, ſi l'air devenoit 800 fois plus épais qu'il n'eſt, il auroit la même conſiſtance qu'elle. Une propriété principale de l'air, par laquelle il ſe diſtingue des autres fluides, eſt qu'il ſe laiſſe comprimer ou réduire dans un moindre eſpace; ce qu'on prouve par cette expérience. On prend *Tab. I. fig. 2.* un tuyau de métal ou de verre A B C D bien fermé par le bout A B, & ouvert par l'autre, où l'on fait entrer un piſ-

ton, qui remplit éxactement la cavité du tuyau. Il faut pousser ce piston en-dedans, & quand il sera parvenu jusqu'au milieu *E*, l'air qui occupoit au commencement la cavité A B C D, sera réduit à la moitié, & par conséquent deux fois plus dense. Si l'on pousse le piston plus loin encore, jusqu'au milieu *F*, entre *B* & *E*: l'air sera réduit dans un espace 4 fois plus petit; & si l'on continuoit de pousser le piston jusqu'à *G*, desorte que *BG* fût la moitié de *BF*, ou la huitiéme partie de la longueur entiére *BD*, le même air qui étoit répandu au commencement par toute la cavité du tuyau, seroit alors réduit dans un espace huit fois plus petit. En continuant de cette maniére à le resserrer jusque dans un espace 800 fois plus petit, on obtiendroit un air 800 fois plus dense ou plus épais que l'air ordinaire. Il seroit donc aussi dense & aussi épais que l'eau, ce qu'on est en état de prouver pour d'autres expériences. On reconnoit ainsi, que l'air est une matiére fluide, qui se laisse comprimer, ce qui signifie la même chose que de le réduire dans un plus petit espace; & c'est à cet égard que l'air est une matiére tout-à-fait diférente de l'eau. Car, qu'on remplisse d'eau le tuyau ABCD, & qu'on y mette le piston, il ne sera pas possible de le faire entrer plus avant. Quelque force même qu'on employât on n'avanceroit absolument rien, & on romproit le tuyau, avant que de réduire l'eau dans un espace tant soit peu plus

petit. Voilà donc une diférence essentielle entre l'air & l'eau; l'eau n'est susceptible d'aucune compression, & l'air peut être comprimé tant qu'on veut. Plus on comprime l'air, plus il devient dense ou épais; ainsi l'air qui a occupé un certain espace, quand il est réduit ou comprimé dans un espace deux fois plus petit, devient deux fois plus dense; s'il l'est dans un espace 10 fois plus petit, il devient 10 fois plus dense; & ainsi de suite. J'ai déja remarqué, que s'il devenoit 800 fois plus dense, il auroit la même densité que l'eau, & seroit aussi pesant, car la pesanteur croît en même raison que la densité. L'or, le plus pesant des corps que nous connoissions, est aussi le plus dense. On a trouvé qu'il est 19 fois plus pesant que l'eau; & qu'une masse d'or en forme de cube, dont la longueur, la largeur, & la hauteur seroient chacune d'un pied, pèseroit 19 fois plus qu'une masse d'eau semblable. Or cette masse d'eau pèse 70 livres: donc la dite masse d'or pèseroit 19 fois 70, c'est-à-dire 1330 livres. Si donc, on pouvoit comprimer l'air jusqu'à ce qu'il fût réduit dans un espace 19 fois 800, c'est-à-dire, 15200 fois plus petit, il deviendroit aussi dense & aussi pesant que l'or. Mais il s'en faut beaucoup qu'on puisse pousser si loin la compression de l'air. On peut bien d'abord faire avancer le piston sans peine, mais plus il avance, & plus on a de peine à le pousser plus loin; &, avant que de parvenir à ré-

duire l'air à un eſpace 10 fois plus petit, il faut employer tant de forces pour pouſſer le piſton plus loin, que le tuyau ſe romproit, à moins qu'il ne fut très-fort. Et non-ſeulement il faudroit tant de forces pour pouſſer le piſton plus loin, mais il en faudroit autant pour le maintenir, & dès qu'on le relâcheroit, l'air comprimé le repouſſeroit en arriére. Plus l'air eſt comprimé, plus il fait d'efforts pour ſe répandre & ſe rétablir dans ſon état naturel. C'eſt ce qu'on nomme le reſſort ou l'élaſticité de l'air, dont je me propoſe d'entretenir V. A. l'ordinaire prochain.

le 10 de May 1760.

LETTRE X.

V. A. vient de voir, que l'air eſt un fluide, environ 800 fois plus ſubtil que l'eau, deſorte que ſi l'eau pouvoit être répandue dans un eſpace autant de fois plus grand, & qu'elle devint, par conſéquent, autant de fois plus ſubtile, elle ſeroit aſſez ſemblable à l'air que nous reſpirons. Mais l'air a une propriété que l'eau n'a point, de ſe laiſſer comprimer dans un eſpace plus petit, où il devient plus condenſé, comme j'ai eu l'honneur de le prouver l'ordinaire paſſé. Et nous découvrons dans l'air une autre propriété, qui n'eſt pas moins

remarquable : on peut le répandre dans un plus grand eſpace, & le rendre, par ce moyen, plus ſubtil encore. Cette opération par laquelle il devient plus rare, ou plus raréfié, s'apelle la raréfaction de l'air. On n'a qu'à prendre, *Tab. I. fig.* 3. comme auparavant, un tuyau ABCD, au fonds AC duquel il y a un petit trou O, afin qu'en faiſant entrer le piſton juſqu'à *F*, l'air puiſſe s'échapper par ce trou, & qu'il ne devienne point condenſé. L'air qui occupe maintenant la cavité ACEF, ſera donc dans ſon état naturel, & alors on bouchera bien le trou *O*. On retire enſuite le piſton, & l'air ſe répandra ſucceſſivement dans un plus grand eſpace, deſorte que, lorſque le piſton aura été retiré juſqu'à *G*, l'eſpace *CG* étant le double de l'eſpace *CF*, le même air, qui étoit contenu dans l'eſpace ACEF, remplira un eſpace deux fois plus grand ; il ſera donc deux fois moins denſe, ou bien deux fois plus rare. Quand on retire le piſton juſqu'en H, où l'eſpace *CH* eſt quatre fois plus grand que *CF*: l'air deviendra quatre fois plus rare qu'il n'étoit au commencement, étant à préſent répandu dans un eſpace quatre fois plus grand. Et quand on retireroit le piſton ſi loin, que l'eſpace devint 1000 fois plus grand, l'air ſe répandroit toujours également par cet eſpace, & deviendroit par-tout 1000 fois plus rare. C'eſt ici que l'air difère encore eſſentiellement de l'eau ; car ſi la cavité ACEF étoit remplie d'eau, on au-

roit beau retirer le piſton, l'eau occuperoit toujours le même eſpace qu'au commencement, & le reſte ſeroit vuide. Nous voyons par-là que l'air eſt doué de la force intrinſèque de ſe répandre de plus en plus, qu'il l'éxerce non-ſeulement quand il eſt condenſé, mais auſſi quand il eſt raréfié. En quelqu'état de condenſation ou de raréfaction que l'air ſe trouve, il fait des efforts pour s'étendre dans un plus grand eſpace, & il ſe répand auſſitôt qu'il ne rencontre point d'obſtacle. Cette force de ſe répandre eſt ce qu'on nomme le reſſort ou l'élaſticité de l'air, & on a trouvé par les expériences, dont je viens de parler, que cette force eſt proportionelle à la denſité; c'eſt-à-dire, que plus l'air eſt condenſé, plus il fait d'efforts pour s'étendre; & plus il eſt raréfié, moins il en fait. On me demandera, peut-être, pourquoi l'air qui ſe trouve maintenant dans ma chambre, ne s'échappe pas par la porte, puiſqu'il eſt doué de la force de s'étendre par un plus grand eſpace? *V. A.* y répondra ſans-doute, que cela arriveroit infailliblement, ſi l'air de-dehors ne faiſoit pas auſſi de grands efforts pour s'étendre; & que les efforts, avec leſquels l'air de la chambre voudroit ſortir, & celui de dehors entrer, étant égaux, ils arrêtent leur force mutuelle & reſtent l'un & l'autre en repos. Si l'air du dehors eut acquis, par quelques accidens, une plus grande denſité, & plus d'élaſticité, il en entreroit une partie dans la chambre, où l'air

étant comprimé, acquerroit auſſi une plus grande élaſticité; ce qui durera juſques à ce que l'élaſticité de l'air du dedans devienne égale à celle du dehors. Et ſi l'air de la chambre devenoit ſubitement plus denſe, & ſon élaſticité ſupérieure à celle de l'air du dehors, l'air de la chambre ſortiroit, & perdant ſa denſité, il perdroit de ſon élaſticité, juſques à ce qu'il parvienne au dégré de l'air du dehors; le mouvement ceſſeroit alors, & l'air de la chambre ſeroit en équilibre avec celui du dehors. Ainſi, l'air libre n'eſt tranquille, que quand il a le même dégré d'élaſticité que celui des contrées des environs, & ſitôt que celui d'une contrée devient plus ou moins élaſtique que celui du voiſinage, l'équilibre ne peut plus ſubſiſter; mais ſi l'élaſticité eſt plus grande, l'air s'étendra & ſe gliſſera dans les lieux où elle eſt plus petite: & c'eſt de ce mouvement de l'air, que réſulte le vent. De-là vient, que l'élaſticité de l'air eſt tantôt plus grande, tantôt plus petite dans le même endroit, & c'eſt cette variation qui eſt indiquée par le *baromêtre*, dont la déſcription mérite une explication particuliére. Pour le préſent je me borne aux qualités de l'air, ſa condenſation, & ſa raréfaction, en reitérant, que plus il eſt condenſé, plus il a de force pour s'étendre, & d'élaſticité; & qu'au contraire, plus on le raréfie, plus il perd de ſon élaſticité. Les phiſiciens ont inventé une machine, par laquelle on peut condenſer l'air & le raré-

ſer, qu'on nomme la *machine pneumatique.* Elle ſert à faire pluſieurs expériences tout-à-fait ſurprenantes, dont la plûpart ſeront déja connues à *V. A.* Je me reſerve de parler de quelques-unes, qui ſont néceſſaires à éclaircir & expliquer la nature & les propriétés de l'air, qui, contribuant principalement à notre conſervation, & à la production que fournit la terre de tous nos beſoins, mérite bien qu'on s'en forme une idée juſte.

le 14 *de May* 1760.

LETTRE XI.

AYANT eu l'honneur de démontrer à *V. A.* que l'air eſt un fluide, doué de la propriété particuliére de ſe laiſſer comprimer dans un plus petit eſpace, & dilater dans un plus grand, quand il ne rencontre plus d'obſtacles, & qu'ainſi l'air eſt ſuſceptible de condenſation & de raréfaction. Cette propriété connue ſous les noms de reſſort ou d'élaſticité, qu'on attribue à l'air, parcequ'elle reſſemble à celle d'un reſſort qui ſe laiſſe reſſerrer, & qui ſe débande quand les obſtacles ſont ôtés, eſt accompagnée d'une autre qui lui eſt commune avec tous les corps en général; c'eſt la gravité ou la peſanteur, par laquelle tous les corps ont le penchant de tomber, & qui les fait deſcen-

dre dès que rien ne les ſoutient. Les ſavans ſont fort partagés & très-incertains ſur la véritable cauſe de cette force, mais il eſt bien ſûr qu'elle éxiſte. Nous en ſommes convaincus par l'expérience journaliére. Nous en connoiſſons même la quantité, & nous pouvons la meſurer très-éxactement. Car le poids d'un corps n'eſt autre choſe, que la force qui le tire en bas; & puiſqu'on peut connoître & meſurer éxactement le poids de chaque corps, nous connoiſſons parfaitement l'effet de la gravité, quoique la cauſe, ou cette force inviſible qui agit ſur tous les corps pour les faire deſcendre, nous ſoit abſolument inconnue. C'eſt ce qui nous demontre que plus un corps contient de matiére, & plus il eſt peſant. L'or & le plomb ſont plus peſans que le bois, ou qu'une plume, puiſqu'ils renferment plus de matiére dans le même volume, ou dans la même étendue. C'eſt donc parceque l'air eſt une matiére ſi ſubtile & ſi déliée, que ſa peſanteur & ſon poids ſont ſi petits, qu'ils échappent communément à nos ſens; il y a cependant des expériences qui nous en donnent une pleine conviction. *V. A.* a vu qu'on peut raréfier l'air dans un vaſe, ou dans un tube; &, par le moyen de la machine pneumatique, on peut pouſſer la choſe ſi loin, que l'air en eſt tout-à-fait enlevé, & que la cavité du vaſe reſte tout-à-fait vuide. Ou bien on prend *Tab. I. fig.* 4. un tuyau ABCD dans lequel on met d'abord le piſton, enſorte

qu'il touche parfaitement le fonds, & qu'il ne reſte point d'air entre le fonds & le piſton. Pour réuſſir mieux, il eſt bon qu'il y ait dans le fonds un petit trou *G*, par lequel l'air puiſſe ſortir pendant qu'on pouſſe le piſton juſqu'au fonds ; alors on bouche bien le trou, pour être plus ſûr qu'il n'y a point d'air caché ou comprimé entre le fonds & le piſton. Après cette préparation on retire le piſton, & l'air du dehors ne pouvant pénètrer par le tuyau, on aura un vuide parfait dans le tuyau, entre le fonds & le piſton, qu'on peut rendre, en tirant le piſton de plus en plus, auſſi grand qu'on voudra. Par un tel moyen on peut vuider d'air la cavité d'un vaſe; & quand on pèſe ce vaſe vuide d'air ſur une bonne balance, on trouve qu'il pèſe moins que s'il étoit rempli d'air; d'où l'on tire cette concluſion fort importante, que l'air contenu dans le vuide d'un vaſe en augmente le poids, & que l'air lui-même a du poids. Si la cavité du vaſe eſt aſſez grande, pour contenir 800 livres d'eau, on trouve par ce moyen, que l'air qui remplit cette même cavité, pèſe environ une livre; d'où l'on conclud, que l'air eſt environ 800 fois moins peſant que l'eau. Cela doit s'entendre de l'air ordinaire qui nous environne, & que nous reſpirons; car *V. A.* ſait que, par l'art, on peut comprimer l'air, en le reſſerrant dans un moindre eſpace, & qu'il acquiert par ce moyen plus de peſanteur. Si le vaſe de la con-

tenance de 800 livres d'eau dont j'ai parlé ci-dessus, étoit rempli d'un air deux fois plus comprimé que l'air ordinaire, il pèseroit deux livres plus que s'il étoit vuide. S'il étoit rempli d'un air 800 fois plus comprimé que l'ordinaire, il pèseroit 800 livres plus que s'il étoit vuide, & autant que s'il étoit rempli d'eau. Puis donc que l'air est un corps pesant, quoique dans son état naturel sa pesanteur soit très-petite, il est doué de la force de descendre, & presse ou pèse en conséquence sur les corps qui se trouvent au-dessous, & qui empèchent sa descente. C'est par cette raison, que l'air supérieur pèse sur l'inférieur, & que celui-ci se trouve dans un état de compression, par le poids de toute la masse d'air qui est au-dessus. De-là vient que, dans notre région, l'air a un certain dégré de compression, ou de densité, auquel il est réduit par le poids de l'air supérieur; & si l'air supérieur étoit plus ou moins pesant, notre air en deviendroit aussi plus ou moins comprimé. C'est ainsi que l'air d'en bas soutient le poids de l'air supérieur, & que plus nous montons, sur une tour ou sur une montagne, plus il perd de sa densité & se raréfie, tellement que s'il étoit possible de monter toujours, l'air se perdroit enfin tout-à-fait, ou deviendroit si subtil & raréfié qu'on n'en appercevroit plus. Quand au contraire, on descend dans une cave fort profonde, la densité de l'air augmente de plus en plus, à cause

de la plus grande maſſe d'air du-deſſus. Si l'on faiſoit un trou juſqu'au centre de la terre, la denſité de l'air augmenteroit, juſqu'à acquérir celle de l'eau, & enfin celle de l'or.

le 17 *May* 1760.

LETTRE XII.

APRÈS avoir prouvé que l'air eſt un fluide compreſſible & peſant, je remarque que la terre eſt environnée de toute part de cet air, apellé l'atmoſphère. Il ſeroit même impoſſible qu'il y eut une contrée de la terre dépourvue d'air, ſans rien du tout au-deſſus, & qu'il y eut un vuide parfait, car l'air des régions voiſines, comprimé par le poids de l'air ſupérieur, & faiſant des efforts continuels pour ſe dilater, ſe répandroit ſubitement ſur la dite contrée, & rempliroit l'eſpace vuide. Ainſi l'atmoſphère remplit tout l'eſpace autour de la terre, & l'air d'en bas, ſoutenant le poids de celui qui eſt au-deſſus, en eſt comprimé par-tout. Or en comprimant l'air, ſon élaſticité augmente, & chaque dégré de compreſſion renferme un certain dégré d'élaſticité, par lequel l'air fait des efforts pour ſe répandre. Donc l'air eſt toujours comprimé par le poids de celui qui eſt au-deſſus, juſqu'à ce dégré préciſément, que ſon élaſti-

cité devienne égale à la force qui le comprime. Alors, quoique cet air ne ſoit comprimé que d'en haut, il fait, en vertu de ſon élaſticité, des efforts pour ſe répandre en tous ſens, non-ſeulement en bas, mais auſſi vers les côtés; c'eſt pour cela que l'air, dans une chambre, eſt autant comprimé que celui de-dehors, ce qui a paru fort paradoxe à quelques philoſophes. Car, diſent-ils, dans une chambre, l'air d'en bas n'eſt comprimé que par celui de la chambre qui lui eſt ſupérieur, tandis que l'air du-dehors l'eſt par le poids de l'atmoſphère entiére, dont la hauteur eſt preſque immenſe. Mais, ce doute eſt vite réſolu par la propriété qu'a l'air, étant comprimé, de chercher à ſe relâcher en tout ſens; or l'air de la chambre eſt d'abord réduit par l'air extérieur, au même dégré de compreſſion & d'élaſticité; ainſi, ſoit que nous nous trouvions dans une chambre, ou dehors, nous éprouvons la même compreſſion de l'air, bien entendu que ce ſoit à la même hauteur, ou à la même diſtance du centre de la terre. Car j'ai déja remarqué qu'en montant ſur une haute tour, ou ſur une montagne, la compreſſion de l'air eſt plus petite, puiſque le poids de l'air qui eſt au-deſſus, eſt alors plus petit. Pluſieurs phénomènes confirment indubitablement cet état de compreſſion de l'air. Quand on prend *Tab.* I. *fig.* 5. un tuyau AB fermé par le bout *A*, & que l'ayant rempli d'eau, ou d'un autre fluide, on le renverſe,

enſorte que le bout ouvert B ſoit en bas, il ne s'en écoule rien. L'élaſticité, ou la compreſſion de l'air, qui pouſſe le fluide en B, le soutient dans le tuyau. Mais dès qu'on perce le tuyau en *A*, le fluide tombe ; l'air qui entre par le trou agit alors d'en haut, par ſa preſſion, ſur l'eau, & la pouſſe en bas ; ce qui prouve que, tant que le tuyau eſt fermé en haut, c'eſt la force de l'air externe qui y ſoutient l'eau. Et ſi l'on met ce tuyau dans un vaſe d'où l'on a tiré l'air par la machine pneumatique, auſſitôt l'eau tombe. Les anciens, à qui cette propriété de l'air étoit inconnue, ont dit que la nature ſoutient le fluide dans le tuyau, par la peur & même l'horreur que la nature a pour le vuide. Car, diſent-ils, ſi le fluide deſcendoit, il y auroit un vuide au haut du tuyau, puiſque l'air ne trouveroit pas un paſſage pour y entrer. Auſſi, ſelon eux, c'étoit la peur du vuide, qui empêchoit le fluide de couler. On eſt ſûr à préſent, que c'eſt la force de l'air qui ſoutient le poids du fluide dans le tuyau ; & puiſque cette force a une quantité déterminée, cet effet ne ſauroit ſurpaſſer un certain terme. On a trouvé que, ſi le tuyau AB, plein d'eau, a plus de 33 pieds de longueur, l'eau n'y reſte plus ſuſpendue, mais qu'il s'en écoule, juſques à ce qu'il n'en reſte dans le tuyau qu'à la hauteur de 33 pieds, & qu'il reſte un véritable vuide au-deſſus. La force de l'air ne ſauroit donc ſoutenir l'eau dans le tuyau, qu'à la hauteur

de 33 pieds ; & puiſque la même force ſoutient toute l'atmoſphère, on en conclud, que l'atmoſphère pèſe autant qu'une colomne d'eau de 33 pieds de hauteur. Si, au lieu d'eau, on prend du mercure qui pèſe 14 fois plus, la force de l'air n'eſt capable de le ſoutenir dans le tuyau qu'à la hauteur d'environ 28 pouces: & ſi le tuyau eſt plus haut, le mercure deſcend, juſqu'à ce que ſa hauteur convienne à la preſſion de l'atmoſphère, en laiſſant un eſpace vuide au-deſſus dans le tuyau. Ce tuyau bouché par le haut & ouvert en bas, étant rempli de mercure, fournit l'inſtrument qu'on nomme *baromètre*, avec lequel on a connu, que l'atmoſphère n'eſt pas toujours également peſante. Car on connoit ſa véritable peſanteur dans le baromètre par la hauteur du mercure qui, hauſſant ou baiſſant, indique que l'air, ou l'atmoſphère, eſt devenue plus ou moins peſante. C'eſt la véritable indication du baromètre, & toutes les fois qu'il monte ou qu'il deſcend, c'eſt une marque certaine que le poids ou la preſſion de l'atmoſphère augmente ou diminue, & c'eſt ce que je m'étois propoſé de préſenter à V. A.

le 20 May 1760.

LET-

LETTRE XIII.

Ayant expliqué à V. A. cette propriété singuliére de l'air, par laquelle il se laisse réduire dans un plus petit espace, ce qu'on nomme la condensation de l'air, on est en état de rendre raison de plusieurs productions de la nature & de l'art. Je commencerai par l'explication des fusils à vent, ne doutant point que cet instrument ne soit bien connu à V. A. Leur construction ressemble à celle des fusils ordinaires, mais au lieu de poudre, on se sert d'air condensé, pour tirer la balle. Par l'intelligence de cette manœuvre, il faut remarquer que pour condenser l'air, il faut employer une force proportionnée à la condensation que l'on cherche; l'air condensé fait des efforts pour se relâcher, & ces efforts sont précisément égaux à la force requise pour le condenser à ce point. Donc plus l'air est condensé, plus son effort pour se relâcher est considérable; & si l'air est réduit à une densité deux fois plus grande qu'à l'ordinaire, ce qui arrive lorsqu'on pousse l'air dans un espace deux fois plus petit, la force avec laquelle il tâche de se relâcher est égale à la pression d'une colonne d'eau de la hauteur de 33 pieds. Que V. A. se représente un grand tonneau de cette hauteur, plein d'eau, elle fera sans-doute de grands efforts sur le fonds. Si l'on y fait un trou, l'eau sortira avec beau-

coup de force, ſi l'on bouche ce trou avec le doigt, on ſent bien cette force de l'eau, & le fonds du tonneau oppoſe par-tout une force ſemblable. Or, un vaſe qui contient de l'air deux fois plus denſe qu'à l'ordinaire, devra éprouver préciſément une force pareille; &, s'il n'eſt pas aſſez fort pour ſoutenir cette force, il rompra. Il faut donc que les parois de ce vaſe ſoient auſſi forts, que le fonds du tonneau. Si dans ce même vaſe l'air étoit trois fois plus denſe qu'à l'ordinaire, ſa force ſeroit encore une fois plus grande, & la même que le fonds d'un tonneau de 66 pieds de hauteur, plein d'eau, ſoutiendroit. V. A. comprendra facilement que cette force ſera très-grande; & elle croît encore ſelon la même règle, ſi l'air eſt condenſé 4 fois, 5 fois ou plus, qu'à l'ordinaire. Cela poſé, il y a au fonds du fuſil à vent une cavité bien fermée de toutes parts, dans laquelle on force de plus en plus l'air, pour l'y réduire à un auſſi haut dégré de denſité, que les forces qu'on emploie en ſont capables, & par ce moyen l'air renfermé dans cette cavité, acquerra une force terrible pour échapper; & ſi on y fait un trou, il échappera avec la même force. Ce trou y eſt effectivement, & aboutit dans la cavité du tuyau où l'on met la balle. Il eſt bien bouché, mais quand on veut tirer, on fait un mouvement par lequel le trou s'ouvre pour un inſtant; & l'air s'échappant pouſſe la balle avec cette grande force, avec laquelle nous la voyons ſortir.

Chaque fois qu'on tire, ce trou ne demeure ouvert qu'un moment, il ne s'en échappe qu'une quantité d'air, & il en reste encore assez, pour tirer plusieurs fois. Mais chaque fois la densité & sa force diminuent; c'est pourquoi les coups suivans sont moins forts que les premiers, & qu'enfin leur force se perd entiérement. Si le trou demeuroit plus long-tems ouvert, il s'en échapperoit plus de vent, & toujours inutilement; car cette force n'agit sur la balle, que tant qu'elle se trouve dans le canon du fusil; dès qu'elle est sortie, il est inutile que le trou soit encore ouvert. On voit par-là que, si l'on pouvoit pousser la condensation de l'air beaucoup plus loin, on pourroit produire, par des fusils à vent, les mêmes effets que par les fusils ordinaires & les canons; aussi, l'effet de l'artillerie est-il fondé sur le même principe. La poudre à canon n'est autre chose qu'une matiére qui contient dans ses pores un air extrêmement condensé. La nature y a fait les mêmes opérations que nous faisons en comprimant l'air; mais elle y a porté la condensation à un bien plus haut dégré. Il ne faut qu'ouvrir les petites cavités où cet air dense est renfermé, pour lui procurer la liberté d'échapper; ce qui se fait par le moyen du feu, qui brise ces petites cavités, d'où l'air enfermé échappe subitement avec la plus grande force, & pousse les balles & les boulets d'une maniére tout-à-fait semblable à celle que nous avons dit dans les fusils à vent, mais avec beau-

petite

coup plus de force. Voilà donc deux effets bien ſurprenans, qui tirent leur origine de la condenſation de l'air, avec la ſeule diférence, que dans l'un, la condenſation eſt l'ouvrage de l'art, & dans l'autre celui de la nature même. On voit donc ici, comme par-tout, que les opérations de la nature ſont infiniment ſupérieures à celles de l'adreſſe humaine; & nous trouvons par-tout les ſujets les plus éclatans d'admirer la puiſſance & la ſageſſe de l'auteur de la nature.

le 24 *May* 1760.

LETTRE XIV.

OUTRE les qualités de l'air, dont j'ai eu l'honneur d'entretenir V. A., il en a encore une bien remarquable, qui lui eſt commune avec tous les corps, ſans en excepter les ſolides: c'eſt le changement que le froid & le chaud produiſent ſur lui. On obſerve généralement, que tous les corps étant chauffés s'aggrandiſſent. Une barre de fer fort chaude, eſt un peu plus longue & plus épaiſſe, que lorſqu'elle eſt froide. Il y a un inſtrument nommé *pyromètre*, conſtruit de façon qu'il indique ſenſiblement les plus petits allongemens ou raccourciſſemens que ſouffre une barre qu'on y applique. V. A. ſait que, dans une montre, quelques roues marchent fort lentement, pen-

dant que le mouvement des autres eſt fort rapide, quoique produit par le mouvement lent des premiéres. C'eſt ainſi que, par une eſpèce d'horlogerie, on peut faire que, d'un changement prèſqu'inſenſible, il en réſulte un très-conſidérable, & c'eſt ce qui ſe pratique dans l'inſtrument nommé pyromètre, dont je viens de parler. En y poſant une barre de fer ou de quelqu'autre matiére que ce ſoit, lorſqu'elle devient tant ſoit peu plus longue ou plus courte, il y a un indice, comme dans une montre, qui en eſt pouſſé à parcourir un eſpace très-conſidérable; quand on applique ſur cet inſtrument une barre de fer ou d'une autre matiére, & qu'on place au-deſſous une lampe pour la chauffer, l'indice eſt d'abord mis en mouvement, & montre que la barre devient plus longue; & plus la chaleur augmente, plus auſſi la barre croît en longueur; mais lorſqu'on éteint la lampe & qu'on laiſſe refroidir la barre, l'indice ſe meut en ſens contraire, & marque par-là que la barre redevient plus courte. Cependant ce changement eſt ſi petit, qu'on auroit bien de la peine à s'en appercevoir ſans le ſecours de cet inſtrument. On s'apperçoit pourtant auſſi de cette variation dans les horloges à pendules, qu'on nomme ſimplement *pendules*. Le pendule y eſt appliqué pour modérer le mouvement, deſorte que ſi l'on allonge le pendule, l'horloge marche plus lentement, & ſi l'on raccourcit le pendule, l'horloge avance trop. Or on remarque,

dans les grandes chaleurs, que toutes ces horloges marchent trop lentement, & dans les grands froids trop vite, ce qui eſt une marque certaine que le pendule devient plus long dans les chaleurs, & plus court dans les froids. Une telle variabilité, cauſée par la chaleur & par le froid, a lieu dans tous les corps; mais elle difère beaucoup ſelon la nature de la matiére dont ils ſont formés, & il y en a qui y ſont beaucoup plus ſenſibles que d'autres. Dans les corps fluides, ſur-tout, cette variabilité eſt fort ſenſible. Pour s'en aſſurer, on prend *Tab. I. fig. 6.* un tuyau de verre BC, joint par le bout B à une boule creuſe A, & on le remplit de quelque liqueur que ce ſoit, juſqu'en M. Quand on chauffe la boule A, la liqueur monte de M vers C, & quand le froid y ſurvient, la liqueur deſcend vers B, d'où l'on voit très-clairement, que la même liqueur occupe un plus grand eſpace dans la chaleur, & un plus petit dans le froid. On voit auſſi que cette variation doit être plus ſenſible, lorſque la boule eſt large & le tuyau étroit; car ſi toute la maſſe de la liqueur augmente ou diminue de ſa milliéme partie, cette milliéme partie occupera dans le tuyau un eſpace d'autant plus grand que le tuyau ſera plus étroit. Cet inſtrument eſt donc très-propre à nous indiquer les divers dégrés de chaleur & de froid; car ſi la liqueur y monte ou deſcend, c'eſt une marque bien ſûre que la chaleur augmente ou diminue. C'eſt-là

l'inſtrument qu'on nomme *thermomêtre*, qui ſert à nous indiquer les changemens de la chaleur & du froid, & qui eſt tout-à-fait diférent du baromêtre, qui nous indique la peſanteur de l'air, ou plutôt la force dont l'air d'ici bas eſt comprimé. Cet avis eſt d'autant plus néceſſaire, que les baromètres & les thermomêtres ſe reſſemblent beaucoup, étant tous les deux des tubes de verre remplis de mercure; mais leur conſtruction, & les principes ſur leſquels ils ſont fondés, ſont tout-à-fait diférens. Cette qualité des corps de s'étendre par la chaleur & de ſe contracter par le froid, apartient auſſi à l'air, & dans un dégré fort éminent. Je me propoſe d'en parler plus au long dans ma premiére lettre.

le 27 *May* 1760.

LETTRE XV.

LA chaleur & le froid produiſent ſur l'air le même effet que ſur tous les autres corps. L'air eſt raréfié par la chaleur & condenſé par le froid. Par l'explication que j'ai eu l'honneur de donner à V. A. une certaine quantité d'air n'eſt pas déterminée à occuper un certain eſpace, comme tous les autres corps; mais, par ſa nature, il tend toujours à ſe dilater, & il s'étend en effet, dès qu'il ne ren-

contre point d'obſtacle qui s'y oppoſe. C'eſt cette propriété qu'on nomme l'élaſticité de l'air. Si donc l'air eſt renfermé dans un vaſe, il fait des efforts pour le rompre; & cet effort eſt d'autant plus grand, que l'air y eſt plus condenſé: d'où l'on a tiré cette règle, que l'élaſticité de l'air eſt proportionelle à ſa denſité; deſorte que, ſi l'air eſt deux fois plus denſe, ſon élaſticité eſt auſſi deux fois plus grande; & qu'en général un certain dégré d'élaſticité répond à chaque dégré de denſité. Il faut cependant remarquer, que cette règle n'eſt vraie, qu'autant que l'air conſerve le même dégré de chaleur. Dès qu'il devient plus chaud, il acquiert plus de force pour s'étendre, que celle qui conviendroit à ſa denſité, & le froid y produit un effet contraire en diminuant ſa force expanſive. Pour connoître donc la vraie élaſticité d'une maſſe d'air, il ne ſuffit pas d'en ſavoir la denſité, il faut auſſi connoitre le dégré de chaleur qui lui convient. Imaginons, pour mettre cela mieux dans ſon jour, deux chambres bien fermées de toutes parts, mais qui communiquent par une porte, & qu'il règne le même dégré de chaleur dans les deux chambres. Il faut pour cela que dans l'une & l'autre, l'air ſe trouve au même dégré de denſité, car ſi l'air étoit plus denſe & par conſéquent plus élaſtique dans l'une que dans l'autre, il en échapperoit une partie de l'une, pour entrer dans l'autre, juſqu'à ce que la denſité ſoit la mê-

me dans les deux chambres. Mais ſuppoſons qu'une chambre devienne plus chaude que l'autre, l'air en y acquérant une plus grande élaſticité, ſe répandra effectivement, en entrant dans l'autre chambre, & en réduira l'air dans un moindre eſpace, juſqu'à ce que l'élaſticité ſoit portée, dans l'une & l'autre chambre, au même dégré. Pendant ce changement un vent paſſera, par la porte, de la chambre chaude dans la froide; & quand l'équilibre ſera rétabli, l'air ſera plus raréfié dans la chaude, & plus condenſé dans la froide; cependant l'élaſticité de l'un & de l'autre air ſera la même. On voit clairement par-là, que deux maſſes d'air d'une denſité diférente, peuvent avoir la même élaſticité, lorſque l'une eſt plus chaude que l'autre; & avec cette circonſtance, il peut arriver que deux maſſes d'air du même dégré de denſité ſoient douées de divers dégrés d'élaſticité. Ce que je viens de dire de deux chambres peut être appliqué à deux contrées; d'où l'on comprend que, lorſqu'une contrée devient plus chaude que l'autre, l'air doit néceſſairement couler de l'une vers l'autre; d'où réſulte le vent. Voilà donc une ſource bien féconde des vents, quoiqu'il y en ait peut-être d'autres, qui conſiſtent dans les divers dégrés de chaleur qui règnent en diférentes régions de la terre; & l'on peut démontrer, que tout l'air qui eſt autour de la terre, ne ſauroit être en repos, à moins que par-tout, à hau-

teurs égales, il ne ſe trouve le même dégré, non-ſeulement de denſité, mais auſſi de chaleur. Et s'il arrivoit qu'il n'y eut point de vent ſur toute la ſurface de la terre, on en pourroit ſûrement conclure, que l'air ſeroit auſſi par-tout également denſe & chaud, à égales hauteurs. Or comme cela n'arrive jamais, il faut abſolument qu'il y ait toujours des vents, au moins en quelques régions. Mais ces vents ne ſe trouvent pour la plûpart que ſur la ſurface de la terre; & plus on s'élève ſur des hauteurs, moins les vents ſont violens. On ne remarque prèſque plus de vents ſur les plus hautes montagnes, il y règne un calme perpétuel; d'où l'on ne ſauroit douter, que l'air ne demeure toujours en repos ſur des hauteurs ſupérieures. Il s'enſuit de-là, qu'à des régions ſi élevées, il règne par-tout, ſur toute la terre, le même dégré de denſité & de chaleur; car s'il fait plus chaud dans un lieu que dans un autre, l'air ne ſauroit être en repos, mais il y auroit du vent. Et, puiſqu'il n'y a point de vent dans ces régions élevées, il faut néceſſairement, que le dégré de chaleur y ſoit par-tout & toujours le même; ce qui eſt un paradoxe fort ſurprenant, vû les grandes variations de chaleur & de froid que nous éprouvons ici-bas pendant le cours d'une année, & même d'un jour à l'autre, ſans parler des diférens *climats*, c. à. d. des chaleurs inſupportables ſous l'équateur, & des glaces effroyables vers les poles de la terre. Cepen-

dant l'expérience même confirme la vérité de ce grand paradoxe. La neige & la glace durent également l'été & l'hyver ſur les montagnes de la Suiſſe, & ſont inaltérables ſur les *cordeliéres*, hautes montagnes du Pérou en Amérique, ſituées ſous l'équateur même, où il règne un froid auſſi exceſſif que dans les régions polaires. La hauteur de ces montagnes n'eſt pas d'un mille d'Allemagne, ſoit 24000 pieds; on peut hardiment en conclure, que ſi nous pouvions voler à la hauteur de 24000 pieds au-deſſus de la terre, nous y rencontrerions toujours & par-tout le même dégré de froid, & même un froid très-exceſſif. Nous n'y remarquerions aucune diférence, ni pendant l'été ou l'hiver, ni près de l'équateur ou des poles. A cette hauteur & plus haut encore l'état de l'atmoſphère eſt par-tout & toujours le même, & les variations entre le chaud & le froid n'ont lieu qu'ici-bas, près de la ſurface de la terre. Ce n'eſt qu'ici-bas, que l'effet des rayons du ſoleil devient ſenſible. *V. A.*, ſans-doute, eſt curieuſe d'en apprendre la raiſon, & ce ſera le ſujet de ma premiére lettre.

le 31 *May* 1760.

LETTRE XVI.

Le phénomène d'éprouver le même dégré de froid par-tout, dans l'air, quand on monte à une très-grande hauteur, telle que 24000 pieds (si cela étoit possible) est bien étrange; puisque les variations de la chaleur sur la terre, non-seulement pour les diférens climats, mais pour la même contrée, suivant les différentes saisons de l'année, sont si considérables. Cette variété en-bas est sans-doute causée par le soleil; il semble que son influence devroit être la même en-haut & en-bas, sur-tout quand nous pensons, qu'une hauteur de 24000 pieds, ou d'un mille, n'est absolument rien par rapport à la distance du soleil, qui est d'environ trente millions de milles, quoique cette hauteur soit fort grande à notre égard, & surpasse même les nuages les plus hauts. C'est donc un doute fort important, qu'il faut tâcher de résoudre. Pour cet effet, je remarque d'abord, que les rayons du soleil n'échauffent les corps, qu'autant qu'ils ne leur accordent pas un libre passage à travers. V. A. sait qu'on nomme *transparens*, *pellucides* & *diaphanes*, les corps à travers desquels nous pouvons voir les objets. Ces corps sont le verre, le cristal, le diamant, l'eau & plusieurs autres liqueurs, quoique les unes soient plus ou moins transparentes que les autres. Un de ces corps trans-

parens étant exposé au soleil, ne s'échauffe pas autant qu'un corps non transparent, comme le bois, le fer, &c. On appelle *opaques* les corps qui ne sont pas transparens: un verre ardent, par éxemple, en transmettant les rayons du soleil, brûle les corps opaques, sans que le verre lui-même en soit échauffé: l'eau exposée au soleil ne devient un peu chaude, que parcequ'elle n'est pas parfaitement transparente; & quand nous la voyons assez échauffée par le soleil aux bords des riviéres, c'est que le fonds, comme corps opaque, est échauffé par les rayons transmis par l'eau. Or un corps chaud communique toujours sa chaleur à ceux qui en sont voisins, ce qui fait que cette eau reçoit sa chaleur de son fonds. Si l'eau est très-profonde, & que les rayons ne puissent pas pénêtrer jusqu'au fonds, on n'y sent prèsque point de chaleur, quoique le soleil y donne bien fort. Et comme l'air est un corps très-transparent, à un bien plus haut dégré que le verre ou l'eau, il en résulte qu'il ne sauroit être échauffé par le soleil, puisque ses rayons passent librement à travers. Cette chaleur, que nous sentons souvent dans l'air, lui est communiquée par les corps opaques qui ont été échauffés par les rayons du soleil, & s'il étoit possible d'anéantir tous ces corps, l'air n'éprouveroit prèsqu'aucun changement dans sa température par les rayons du soleil; qu'il fût ou non exposé au soleil, il seroit également froid. Mais l'atmosphère n'est pas parfaitement transparente,

quelquefois même elle eſt tellement chargée de vapeurs, qu'elle perd prèſqu'entiérement ſa tranſparence, en nous préſentant un brouillard épais, & quand l'air ſe trouve dans cet état, les rayons du ſoleil y ont plus de priſe, & peuvent l'échauffer immédiatement. Mais ces vapeurs ne montent pas beaucoup, & à la hauteur de 24000 pieds & au-delà, l'air eſt ſi ſubtil & ſi pur, qu'il eſt parfaitement tranſparent; c'eſt pourquoi les rayons du ſoleil ne ſauroient y produire aucun effet immédiatement. Cet air eſt auſſi trop éloigné des corps terreſtres, pour qu'ils puiſſent lui communiquer leur chaleur; cette communication ne peut pas s'étendre fort loin. V. A. comprendra aiſément par-là, que les rayons du ſoleil ne ſauroient produire aucun effet dans les régions de l'air fort élevées au-deſſus de la ſurface de la terre, & qu'il doit règner toujours & par-tout le même dégré de froid, puiſque le ſoleil n'y a aucune influence, & que la chaleur des corps terreſtres ne ſauroit ſe communiquer juſques-là. Il en eſt à-peu-près de même ſur les hautes montagnes, où il fait toujours plus froid que ſur les plaines & dans les vallées. La ville de Quito, au Pérou, ſe trouve prèſque ſous l'équateur, & à juger de ſa ſituation, la chaleur devroit y être inſupportable; cependant l'air y eſt aſſez tempéré, & ne difère pas beaucoup de celui de Paris. Quito eſt ſituée ſur une grande hauteur au-deſſus de la véritable ſurface de la terre. Pour y venir des bords de la

mer, il faut monter pendant plusieurs jours, de-sorte qu'elle est sur un terrein aussi élevé que les plus hautes montagnes chez nous, quoiqu'il soit environné de montagnes très-hautes, qu'on nomme les Cordeliéres. Cette derniére circonstance donneroit lieu de croire que l'air devroit y être aussi chaud que sur la surface de la terre, puisqu'il touche par-tout à des corps opaques, sur lesquels tombent les rayons du soleil. L'objection est bien forte, & il ne sauroit y avoir d'autre raison que celle que l'air étant fort élevé à Quito, doit être beaucoup plus subtil & moins pesant que chez nous; le baromètre, qui s'y tient quelques pouces plus bas, le prouvant incontestablement. Un air pareil n'est pas susceptible de tant de chaleur qu'un autre plus grossier, puisqu'il ne peut pas contenir tant de vapeurs & d'autres particules qui voltigent ordinairement dans l'atmosphère; & nous savons par l'expérience, qu'un air fort chargé est beaucoup plus propre à s'échauffer. Je puis encore ajouter un autre phénomène qui n'est pas moins surprenant, c'est que dans les caves très-profondes, & plus bas encore, s'il étoit possible d'y parvenir, il règne par-tout & toujours le même dégré de chaleur, à-peu-près par la même raison. Comme les rayons du soleil ne produisent leur effet que sur la surface de la terre, d'où ils se communiquent en-haut comme en-bas, cette communication ne pouvant pénétrer fort loin, les très-grandes profondeurs y

ſont abſolument inſenſibles, ainſi que les hauteurs trop élevées. J'eſpère que ce développement ſatisfera la curioſité de V. A.

le 3 Juin 1760.

LETTRE XVII.

Après avoir parlé des rayons du ſoleil, qui ſont le foyer de toute la chaleur & de la lumiére dont nous jouïſſons, V. A. demandera ſans-doute, ce que c'eſt que les rayons du ſoleil? C'eſt ſans contredit une des plus importantes queſtions de la phyſique, & de laquelle dérivent une infinité de phénomènes. Tout ce qui regarde la lumiére, & ce qui nous rend les objets viſibles, eſt lié étroitement avec cette queſtion. Les anciens philoſophes ſemblent s'être fort peu ſouciés de la développer. La plupart ſe ſont contentés de dire, que le ſoleil eſt doué de la qualité d'échauffer, d'éclairer & de luire. Mais on a bien raiſon de demander, en quoi conſiſte cette qualité? Eſt-ce quelque choſe du ſoleil même ou de ſa ſubſtance, qui parvient juſqu'à nous? ou bien, ſe paſſeroit-il quelque choſe de ſemblable à une cloche, dont nous entendons le ſon ſans qu'aucune partie de la cloche ſoit tranſportée à nos oreilles? comme j'ai eu l'honneur de l'expoſer à V. A. en expliquant la propagation & la perception

ception du ſon. Deſcartes, le premier des philoſophes modernes, ſoutenoit ce dernier ſentiment, & ayant rempli tout l'univers d'une matiére ſubtile composée de petits globules, qu'il nomme le ſecond élément, il met le ſoleil dans une agitation perpétuelle qui frappe ſans-ceſſe ces globules, & prétend que ceux-ci communiquent leurs mouvemens en un inſtant dans tout l'univers. Mais depuis la découverte que les rayons du ſoleil ne parviennent pas en un inſtant juſqu'à nous, & qu'il leur faut environ 8 minutes pour parcourir cette grande diſtance, le ſentiment de Deſcartes, qui avoit d'ailleurs d'autres grands inconvéniens, a été abandonné. Enſuite le grand *Newton* a embraſſé le premier ſyſtême, & ſoutenu que les rayons du ſoleil ſortent réellement du corps du ſoleil, d'où les particules extrêmement ſubtiles en ſont lancées & dardées avec cette viteſſe inconcevable, qui les porte juſqu'à nous à-peu-près en 8 minutes. Ce ſentiment, qui eſt celui de la plupart des philoſophes modernes & ſur-tout des Anglois, eſt nommé le *ſyſtême de l'émanation*; puiſqu'on croit que les rayons émanent du ſoleil, & des autres corps lumineux, comme l'eau émane ou jaillit d'une fontaine. Ce ſentiment paroît d'abord fort hardi & choque la raiſon; car ſi le ſoleil jettoit continuellement, & en tout ſens, des fleuves de matiére lumineuſe, avec une ſi prodigieuſe viteſſe, il ſemble que la matiére du ſoleil en devroit être bientôt épuiſée; ou du

moins, il faudroit qu'on y remarquât, depuis tant de ſiécles, quelque diminution, ce qui eſt cependant contraire aux obſervations. Il n'eſt pas douteux qu'une fontaine, qui jetteroit en tout ſens des traits d'eau, ſeroit d'autant plutôt épuiſée, que ſa viteſſe ſeroit grande; & qu'ainſi la prodigieuſe viteſſe des rayons devroit bientôt épuiſer le corps du ſoleil. On a beau ſuppoſer les particules, dont les rayons ſont formés, auſſi ſubtiles qu'on voudra; on ne gagnera rien; le ſyſtême demeure toujours également revoltant. On ne peut pas dire, que cette émanation ne ſe faſſe pas tout autour & en tout ſens; car en quelqu'endroit qu'on ſoit placé, on voit le ſoleil tout entier, ce qui prouve inconteſtablement, que des rayons de tous les points du ſoleil ſont lancés vers cet endroit. Le cas eſt donc bien diférent de celui d'une fontaine, qui jetteroit des traits d'eau en tout ſens. Ici ce n'eſt que d'un ſeul endroit d'où le trait ſort vers une certaine contrée, & chaque point ne lanceroit qu'un ſeul trait; mais chaque point de la ſurface du ſoleil lance une infinité de traits, qui ſe répandent en tout ſens. Cette circonſtance ſeule augmente infiniment la dépenſe de matiére lumineuſe, que le ſoleil auroit à faire. Un autre inconvénient, qui ne paroît pas plus petit, eſt que, non-ſeulement le ſoleil jette des rayons, mais toutes les étoiles en jettent auſſi: & puiſqu'il y auroit par-tout des rayons du ſoleil & des étoiles qui ſe rencontreroient, avec quelle

impétuoſité devroient-ils ſe choquer les uns les autres? combien leur direction devroit-elle en être changée? Une telle croiſée devroit avoir lieu en tous les corps lumineux qu'on voit à la fois, cependant chacun paroît diſtinctement, ſans ſouffrir le moindre dérangement des autres; preuve bien certaine, que pluſieurs rayons peuvent paſſer par le même point, ſans ſe troubler les uns les autres, ce qui ſemble inconciliable avec le ſyſtème de l'émanation. En effet, qu'on faſſe rencontrer deux jets d'eau, & d'abord on verra qu'ils ſe troublent terriblement dans leur jeu; on voit donc que le mouvement des rayons de lumiére eſt très-eſſentiellement diférent de celui des jets d'eau, & en général de toutes les matiéres lancées. Conſidérant enſuite les corps tranſparens, par leſquels les rayons paſſent librement & en tout ſens, les partiſans de ce ſyſtême ſont obligés de dire, que ces corps renferment des pores diſpoſés en lignes droites, qui paſſent de chaque point de la ſurface en tout ſens, puiſqu'on ne ſauroit concevoir aucune ligne, par laquelle ne puiſſe paſſer un rayon du ſoleil, avec cette inconcevable viteſſe, & même ſans heurter. Voilà des corps bien criblés, qui cependant nous paroiſſent bien ſolides. Enfin, pour voir, il faut que les rayons entrent dans nos yeux, & qu'ils en traverſent la ſubſtance avec la même viteſſe. Je crois que tous ces inconvéniens convaincront ſuffiſamment V. A. que le ſyſtême de l'émanation ne ſauroit, en aucune ma-

niére, avoir lieu dans la nature, & V. A. ſera ſûrement bien étonnée, qu'il ait été imaginé par un ſi grand homme, & embraſſé par tant de philoſophes éclairés. Mais Ciceron a déja remarqué, qu'on ne ſauroit rien imaginer de ſi abſurde, que les philoſophes ne ſoient capables de ſoutenir. Quant à moi, je ſuis trop peu philoſophe pour embraſſer ce ſentiment.

le 7 de Juin 1760.

LETTRE XVIII.

QUELQU'ÉTRANGE que puiſſe paroître à V. A. le ſentiment du célèbre Newton, que les rayons proviennent du ſoleil par une émanation actuelle, il a pourtant trouvé une approbation ſi générale, que prèſque perſonne n'oſoit en douter. Ce qui y a le plus contribué, c'eſt ſans-doute la grande autorité de ce philoſophe anglois, qui le premier a découvert les véritables loix des mouvemens des corps céleſtes. Or cette même découverte l'a porté au ſyſtême de l'émanation. Deſcartes, pour ſoutenir ſon explication, fut obligé de remplir tout l'eſpace du ciel d'une matiére ſubtile, à travers laquelle tous les corps céleſtes ſe meuvent tout-à-fait librement. Mais on ſait que, ſi un corps ſe meut par l'air, il rencontre une certaine réſiſtance, d'où Newton a conclu que,

quelque ſubtile qu'on ſuppoſe la matiére du ciel, les planètes devroient y éprouver quelque réſiſtance dans leur mouvement. Mais, dit-il, ce mouvement n'eſt aſſujetti à aucune réſiſtance, donc l'eſpace immenſe des cieux ne contient aucune matiére. Il y règne donc partout un vuide parfait; & c'eſt un des principaux dogmes de la philoſophie Newtonienne, que l'immenſité de l'univers ne renferme point de matiére, dans les eſpaces qui ſe trouvent entre les corps céleſtes. Cela poſé, il y aura depuis le ſoleil juſqu'à nous, ou du moins juſqu'à l'atmoſphère de la terre, un vuide parfait: en effet, plus nous montons, plus nous trouvons l'air ſubtil, d'où il ſemble qu'il doit enfin ſe perdre tout-à-fait. Si l'eſpace entre le ſoleil & la terre eſt abſolument vuide, il eſt impoſſible que les rayons viennent juſqu'à nous par voye de communication; comme le ſon d'une cloche nous eſt communiqué par le moyen de l'air, enſorte que ſi l'air, depuis la cloche juſqu'à nous, étoit anéanti, nous n'entendrions abſolument rien, avec quelque force qu'on frappât la cloche. Ayant donc établi un vuide parfait entre les corps céleſtes, il ne reſte plus d'autre ſentiment à embraſſer, que celui de l'émanation: c'eſt ce qui a obligé Newton à ſoutenir que le ſoleil, & tous les autres corps lumineux, lancent les rayons, qui ſont toujours une partie réelle du corps lumineux chaſſée avec une force terrible. Il faudroit bien qu'elle le fût, pour imprimer aux rayons cette viteſſe in-

concevable, avec laquelle ils viennent du soleil jusqu'à nous en 8 minutes de tems. Mais voyons si cette explication peut subsister avec la principale vue de Newton, qui éxige un espace absolument vuide dans les cieux, pour que les planètes ne rencontrent aucune résistance. V. A. jugera aisément, que les espaces du ciel, au lieu de rester vuides, seront remplis des rayons, non-seulement du soleil, mais encore de toutes les autres étoiles qui les traversent de toute part & en tout sens, continuellement, & avec la plus grande rapidité. Les corps célestes, qui traversent ces espaces, au lieu d'y rencontrer un vuide, y trouveront donc la matiére des rayons lumineux avec une agitation terrible, qui doit bien plus troubler ces corps dans leur mouvement, que si cette même matiére étoit en repos. Ainsi Newton craignant qu'une matiére subtile, telle que Descartes la supposoit, ne troublât le mouvement des planètes, fut conduit à un expédient bien étrange, & tout-à-fait contraire à sa propre intention; puisque, par ce moyen, les planètes devroient essuyer un dérangement infiniment plus considérable. C'est un éxemple bien triste de la sagesse humaine, qui, voulant éviter un inconvénient, tombe souvent dans de plus grandes absurdités. J'ai déja eu l'honneur d'exposer à V. A. bien d'autres difficultés insurmontables, dans le systême de l'émanation; & nous voyons à-présent, que la principale & même la seule raison, qui ait engagé Newton

à ce ſyſtème, eſt ſi contradictoire en elle-même, qu'elle le renverſe tout-à-fait. Toutes ces raiſons réunies ne ſauroient nous laiſſer héſiter ſur la rejection de cet étrange ſyſtème d'émanation de la lumiére ; quelle que ſoit l'autorité du philoſophe qui l'établit. Newton fut ſans contredit un des plus grands génies qui aient jamais exiſté, & ſa ſcience profonde & ſa pénètration dans les myſtères les plus cachés de la nature, ſeront toujours l'objet de notre plus grande admiration & de celle de notre poſtérité ; mais les égaremens de ce grand homme doivent ſervir à nous faire reconnoître la foibleſſe de l'eſprit humain qui, après s'ètre élevé au plus haut dégré dont les hommes ſoient capables, court ſouvent le riſque de ſe précipiter dans les erreurs les plus palpables. Si nous ſommes aſſujettis à des chûtes ſi triſtes dans nos recherches ſur les phénomènes du monde viſible, qui frappe nos ſens, nous ſerions bien malheureux, ſi Dieu nous eut abandonnés à nous-mèmes à l'égard des choſes inviſibles, qui regardent notre ſalut éternel. La révélation nous étoit abſolument néceſſaire ſur cet important article ; nous devons en profiter avec la plus grande vénération, & lorſqu'elle nous préſente des choſes qui nous paroiſſent inconcevables ; ſouvenons-nous de la foibleſſe de notre eſprit, qui s'égare ſi aiſément ſur les choſes dont la vue eſt à notre portée. Toutes les fois que j'entends ces eſprits forts, qui critiquent les vérités de notre réligion, & qui s'en mo-

quent même avec la plus impertinente ſuffiſance, je me dis; chétifs mortels, combien & combien de choſes ſur leſquelles vous raiſonnez ſi légèrement, ſont bien plus ſublimes & plus élevées que celles ſur leſquelles le grand Newton s'égara étrangement. Je ſouhaiterois que V. A. n'oubliât jamais cette réflèxion; les occaſions où l'uſage en eſt néceſſaire n'arrivent que trop ſouvent ici bas.

le 10 de Juin 1760.

LETTRE XIX.

V. A. a vu que le ſyſtème de l'émanation des rayons eſt aſſujetti à des difficultés inſurmontables, & que celui qu'un vuide pourroit occuper tout l'eſpace entre les corps céleſtes, ne ſauroit avoir lieu davantage, puiſque les rayons de lumiére le rempliroient tout-à-fait. Il faut donc convenir de deux choſes: l'une, que les eſpaces entre les corps céleſtes ſont remplis d'une matiére ſubtile; l'autre, que les rayons ne ſont pas une émanation actuelle du ſoleil & des autres corps lumineux, par laquelle une partie de leur ſubſtance ſoit élancée, comme l'a prétendu Newton. Cette matiére ſubtile, qui remplit tous les eſpaces des cieux entre les corps céleſtes, ſe nomme l'*Ether*, ſon extrême ſubtilité ne ſauroit être revoquée en doute.

Pour nous en former une idée, nous n'avons qu'à conſidérer l'air, qui étant une matiére fort ſubtile ici-bas, le devient de plus en plus en montant; & ſe perd pour ainſi dire entiérement, ou va ſe confondre avec l'éther. L'éther eſt donc auſſi un fluide comme l'air, mais incomparablement plus ſubtil & plus délié, puiſque nous ſavons que les corps céleſtes le traverſent librement, ſans y rencontrer de réſiſtance ſenſible. Il a ſans-doute auſſi de l'élaſticité, par laquelle il tend à ſe répandre en tout ſens, & à pénétrer dans les eſpaces qui pourroient ètre vuides, deſorte que ſi, par quelqu'accident, l'éther étoit chaſſé de quelqu'endroit, l'éther voiſin s'y précipiteroit dans un inſtant, & cet endroit en ſeroit de nouveau rempli. En vertu de cette élaſticité, l'éther ne ſe trouve pas ſeulement au-deſſus de notre atmoſphère, mais il la pénètre par-tout, s'inſinue dans les pores de tous les corps ici-bas, & traverſe ces pores aſſez librement. Si par par le moyen de la machine pneumatique on pompe l'air d'un vaſe, il ne faut pas croire qu'il y ait alors du vuide, car l'éther, paſſant par les pores du vaſe, le remplit dans un inſtant; & quand on remplit de vif-argent un tuyau de verre aſſez long, & qu'on le tourne pour faire un baromètre, on croit voir au-deſſus du vif-argent un vuide où il n'y a point d'air, puiſque l'air ne ſauroit paſſer à travers le verre; mais ce vuide, qui n'eſt qu'apparent, eſt ſûrement rempli d'éther qui y entre ſans

difficulté. C'eſt par cette ſubtilité & cette élaſticité de l'éther, que j'aurai l'honneur d'expliquer à V. A. les phénomènes ſurprenans de l'électricité. Il eſt même très-vraiſemblable, que l'éther ait une élaſticité beaucoup plus grande que l'air, & que quantité d'effets dans la nature ſont produits par cette force. Je ne doute même pas que la compreſſion de l'air dans la poudre à canon ne ſoit l'ouvrage de la force élaſtique de l'éther; & puiſque nous ſavons par l'expérience, que l'air y eſt prèſque mille fois plus condenſé qu'à l'ordinaire, & que, dans cet état, ſon élaſticité eſt autant de fois plus grande, il faut que l'élaſticité de l'éther ſoit de la même force, & par conſéquent mille fois plus grande que celle de l'air ordinaire. Nous aurons donc une idée aſſez juſte de l'éther, en le regardant comme un fluide aſſez ſemblable à l'air, avec cette diférence, que l'éther eſt incomparablement plus ſubtil & beaucoup plus élaſtique.

Ayant donc vu, que l'air, par ces mêmes qualités, devient propre à recevoir les agitations ſoit ébranlemens des corps ſonores, & de les répandre en tout ſens, ce qui fait la propagation du ſon, il eſt très-naturel, que l'éther puiſſe dans les mêmes circonſtances, recevoir auſſi des ébranlemens, & les continuer en tous ſens à de plus grandes diſtances. Puiſque les ébranlemens dans l'air nous fourniſſent *le ſon*, que pourroient nous fournir les ébranlemens de l'éther? V. A. le devinera ſans-doute aiſé-

ment; c'eſt la lumiére ou les rayons. Il paroit très-certain, en effet, que la lumiére eſt à l'égard de l'éther ce qu'eſt le ſon rélativement à l'air; & que les rayons de lumiére ne ſont autre choſe que des ébranlemens ou vibrations tranſmiſes par l'éther, comme le ſon conſiſte en des ébranlemens ou vibrations tranſmiſes par l'air. Il ne vient donc rien de plus du ſoleil juſqu'à nous, que d'une cloche, dont le bruit vient à nos oreilles. Ce ſyſtême ne préſente point le danger que le ſoleil, en éclairant, perde la moindre choſe de ſa ſubſtance, non plus qu'une cloche en ſonnant. Ce que j'ai dit du ſoleil, doit auſſi s'entendre de tous les corps lumineux, comme du feu d'une bougie, d'une chandelle, &c. V. A. m'objectera ſans-doute, que ces lumiéres terreſtres ne ſe conſument que trop évidemment, & qu'à moins qu'elles ne ſoient entretenues & nourries ſans-ceſſe, leur lumiére eſt bientôt éteinte, qu'ainſi le ſoleil devroit ſe conſumer, & que le parallelle d'une cloche n'eſt pas juſte. Mais il faut conſidérer que ces feux, outre leur lueur, jettent de la fumée & quantité d'exhalaiſons, qu'il faut bien diſtinguer des rayons de lumiére. Or la fumée & les exhalaiſons y cauſent ſûrement une diminution conſidérable, qu'il ne faut point attribuer aux rayons de la lumiére; ſi on pouvoit les délivrer de la fumée & des autres exhalaiſons, la qualité de luire ne cauſeroit, ſeule, aucune perte. On peut rendre par artifice le mercure lumineux, com-

me V. A. ſe ſouviendra bien de l'avoir vu, ſans que le mercure perde abſolument rien de ſa ſubſtance, ce qui prouve que la lumiére ne cauſe aucune perte dans les corps lumineux. Ainſi, quoique le ſoleil éclaire le monde entier par ſes rayons, il ne perd rien de ſa propre ſubſtance, ſa lumiére n'étant cauſée que par une certaine agitation, ou par un ébranlement extrèmement vif dans ſes moindres particules, qui ſe communique à l'éther voiſin, & qui, de là, eſt tranſmis en tout ſens par l'éther juſques aux plus grandes diſtances, comme une cloche ébranlée communique à l'air ſon agitation. Plus on conſidère ce parallelle entre les corps ſonores & les corps lumineux, & plus on le trouve conforme & d'accord avec l'expérience; au lieu que plus on veut faire l'application du ſyſtême de l'émanation aux phénomènes, & plus il revolte.

le 14 *Juin* 1760.

LETTRE XX.

QUANT à la propagation de la lumiére par l'éther, elle ſe fait d'une maniére ſemblable à celle du ſon par l'air; &, ainſi que l'ébranlement cauſé dans les particules de l'air conſtitue le ſon, de même l'ébranlement des particules de l'éther conſtitue la lumiére ou les rayons de

la lumiére, enſorte que *la lumiére n'eſt autre choſe, qu'une agitation ſoit ébranlement, cauſé dans les particules de l'éther*, qui ſe trouve partout, à cauſe de l'extrême ſubtilité avec laquelle il pénètre tous les corps. Cependant ces corps modifient en diférentes maniéres les rayons, en tranſmettant ou arrètant la propagation des ébranlemens; c'eſt ce dont je parlerai plus amplement dans la ſuite. Je me borne à préſent à la propagation des rayons dans l'éther même, qui remplit les eſpaces immenſes entre le ſoleil & nous, & en général entre tous les corps céleſtes. C'eſt là, où la propagation ſe fait tout-à-fait librement. La premiére choſe qui ſe préſente ici à notre eſprit, c'eſt la prodigieuſe viteſſe des rayons de la lumiére, qui eſt environ 900,000 fois plus rapide que la viteſſe du ſon, qui parcourt pourtant chaque ſeconde un chemin de 1000 pieds. Cette viteſſe prodigieuſe ſuffiroit déja pour renverſer le ſyſtème de l'émanation; mais, dans celui-ci, elle eſt une ſuite naturelle de nos principes, comme V. A .le verra, j'eſpère, avec pleine ſatisfaction. Ce ſont les mêmes principes, ſur leſquels la propagation du ſon par l'air eſt fondée, laquelle d'un côté dépend de la denſité de l'air, & de l'autre de ſon élaſticité. Or cette dépendance nous donne à connoître que, ſi la denſité de l'air diminuoit, le ſon ſeroit accéleré, & ſi l'élaſticité de l'air augmentoit, il en ſeroit de même. Si donc la denſité de l'air devenoit à la fois plus petite & ſon

élaſticité plus grande, il y auroit une double raiſon pour l'augmentation de la viteſſe du ſon. Concevons donc que la denſité de l'air ſoit diminuée au point qu'elle devienne égale à la denſité de l'éther, & que l'élaſticité de l'air ſoit augmentée au point qu'elle devienne auſſi égale à l'élaſticité de l'éther, & nous ne ſerons plus ſurpris, que la viteſſe du ſon devienne pluſieurs milliers de fois majeure qu'elle n'eſt effectivement; car V. A. ſe ſouviendra que, ſelon les premiéres idées que nous nous ſommes formées de l'éther, cette matiére doit abſolument être incomparablement moins denſe ou plus rare que l'air, & incomparablement plus élaſtique; or, ces deux qualités contribuent également l'une & l'autre à accélérer la viteſſe des ébranlemens. D'après ces explications, il s'en faut bien que la prodigieuſe viteſſe de la lumiére ait quelque choſe de choquant, elle eſt plutôt parfaitement d'accord avec nos principes; & le parallelle entre la lumiére & le ſon eſt, à cet égard, ſi bien établi, que nous pouvons ſoutenir hardiment, que ſi l'air devenoit auſſi ſubtil & autant élaſtique que l'éther, la viteſſe du ſon deviendroit auſſi rapide que celle de la lumiére. La ſubtilité de l'éther & ſon élaſticité ſurprenante ſera donc la raiſon que nous donnerons de ce que la lumiére ſe meut avec une viteſſe ſi prodigieuſe: & que, tant que l'éther conſerve ce même dégré de ſubtilité & d'élaſticité, il faut que la même lumiére paſſe avec le même dégré de viteſſe. Or on ne ſau-

roit douter que l'éther n'ait dans tout l'eſpace de l'univers la même ſubtilité & la même élaſticité; car ſi l'éther étoit plus élaſtique dans un endroit que dans un autre, il s'y porteroit, en ſe répandant davantage, juſqu'à ce que l'équilibre fut entiérement rétabli. Les rayons des étoiles ſe meuvent donc auſſi vite que ceux du ſoleil; & comme les étoiles ſont beaucoup plus éloignées de nous que le ſoleil, il leur faut plus de tems avant que les rayons en viennent juſqu'à nous. Quelque prodigieuſe que nous paroiſſe la diſtance du ſoleil, dont les rayons nous parviennent cependant en 8 minutes, l'étoile fixe, la plus près de nous, en eſt pourtant plus de 400,000 fois plus éloignée que le ſoleil: un rayon de lumiére, qui part de cette étoile, employera donc un tems de 400,000 fois 8 minutes avant que de parvenir juſqu'à nous, ce qui fait 53333 heures, ou 2222 jours, ſoit ſix ans à-peu-près. Il y a donc ſix ans que les rayons de l'étoile fixe, même la plus brillante, qui eſt probablement la plus proche, qui entrent dans les yeux de V. A. pour y repréſenter cette étoile, en ſont partis, & ont employé un tems ſi long pour parvenir juſqu'à nous. Et s'il plaiſoit à Dieu de créer à préſent, à la même diſtance, une nouvelle étoile fixe, nous ne la verrions qu'après ſix ans paſſés, puiſque ſes rayons ne ſauroient arriver plutôt juſqu'à nous. Et ſi au commencement du monde les étoiles ont été créées en même tems qu'Adam, il n'aura pu

voir les plus proches qu'au bout de 6 ans, & les plus éloignées, au bout d'un tems proportionné avant que de les découvrir. Donc ſi Dieu avoit créé en même tems des étoiles encore mille fois plus éloignées, nous ne les verrions pas encore, quelque brillantes qu'elles puiſſent être, puiſqu'il ne s'eſt pas encore écoulé 6000 ans depuis la création. Le premier prédicateur de la cour de Brunswig, Mr. Jéruſalem, a parfaitement bien employé cette penſée dans un de ſes ſermons, où ſe trouve le paſſage ſuivant:

Elevez vos penſées de cette terre que vous habitez, à tous les corps du monde, qui ſont au-deſſus de vous; parcourez l'eſpace qu'il y a depuis les plus éloignés que vos yeux puiſſent découvrir, juſqu'à ceux dont la lumiére, depuis le commencement de leur création juſqu'à préſent, n'eſt peut-être pas parvenue encore juſqu'à nous. L'immenſité du royaume de Dieu permet cette peinture. Sermon *ſur le ciel & la béatitude éternelle.*

Je ſuis bien ſûr que V. A. ſera plus édifiée de ce paſſage, que tout l'auditoire de Mr. Jéruſalem, pour qui cette penſée ſublime aura été inconcevable, & j'eſpère que cette réflèxion fera naître à V. A. la curioſité de continuer à s'inſtruire ſur le reſte de ce qui regarde le véritable ſyſtême de la lumiére, d'où dérive la théorie des couleurs & de toute la viſion.

le 17 *Juin* 1760.

LETTRE

LETTRE XXI.

Ce que j'ai eu l'honneur de dire à *V. A.* ſur le tems que les rayons des étoiles mettent à parvenir jusqu'à nous, eſt très-propre à donner une idée de l'étendue & de la grandeur du monde. La vîteſſe du ſon qui parcourt chaque ſeconde un eſpace de 1000 pieds, nous fournit prèſque la premiére meſure : elle eſt environ 200 fois plus rapide que celle d'un homme qui marche bien. Or la vîteſſe des rayons de la lumiére eſt encore 900,000 fois plus grande que celle du ſon, ſes rayons parcourent chaque ſeconde l'eſpace de 900 millions de pieds ou de 37500 milles d'Allemagne ; quelle prodigieuſe vîteſſe! cependant l'étoile fixe la plus proche de nous, eſt ſi éloignée, que ſes rayons, malgré cette vîteſſe prodigieuſe, employent 6 ans avant que d'arriver juſqu'à nous ; & s'il étoit poſſible qu'un grand bruit, tel que celui d'un coup de canon, produit dans cette étoile, put être tranſmis juſqu'à nous, il s'écouleroit 5,400,000 années, avant que nous l'appercuſſions. Cela ne regarde que les étoiles les plus brillantes, qui nous ſont probablement les plus proches ; & il eſt très vraiſemblable que les plus petites ſont encore dix fois plus éloignées de nous & davantage. Il faudra donc bien un ſiécle entier, avant que les

rayons de ces étoiles parviennent jusqu'à nous: quelle distance prodigieuse qui ne sauroit être parcourue qu'en 100 ans, par une vitesse qui achève chaque seconde un chemin de 37500 milles d'Allemagne! Si donc à présent, une de ces étoiles étoit anéantie, ou seulement éclipsée, nous ne laisserions pas de la voir encore pendant 100 ans de suite, puisque les derniers rayons qui en seroient sortis, n'arriveroient jusqu'à nous qu'au bout de ce tems. On se forme ordinairement des idées trop petites & trop bornées de ce monde, & ces esprits qui se croyent si forts, le regardent comme un ouvrage de fort peu d'importance, qu'un pur hasard auroit pû produire, & qui mérite à peine leur attention; mais *V. A.* conviendra, que ces mêmes esprits, quelque forts qu'ils se croyent, sont bien bornés, & sera, par contre, vivement pénètrée du plus profond respect envers ce grand souverain, dont la puissance s'étend dans un espace si immense, où tout ce qui s'y trouve est soumis à son pouvoir absolu. Quelle doit être notre admiration! quand nous considérons que tous ces corps immenses, qui se trouvent dans le monde, sont arrangés selon la plus grande sagesse, desorte que plus nous avançons en connoissance à cet égard, quoiqu'elle soit toujours infiniment imparfaite, plus nous y découvrons de sujets d'en admirer l'ordre & les perfections. Et qu'est-ce que le globe terrestre que nous habitons, en com-

paraiſon de tous ces ouvrages, où même notre admiration ſe perd entiérement? Un véritable rien; & pourtant nous éprouvons tous les jours les marques les plus éclatantes d'une providence toute particuliére du Grand-Maître de l'univers. Mais l'éloquence me manque pour repréſenter ces choſes dans toute leur grandeur, & *V. A.* y ſupléera par les réflèxions qu'elle voudra bien faire elle-même ſur ces importans objets. Je retourne aux grands corps lumineux, & particuliérement au ſoleil, qui eſt la principale ſource de la lumiére & de la chaleur dont nous jouïſſons ſur la terre. On demande d'abord en quoi conſiſte la lumiére que le ſoleil répand continuellement par tout l'univers, ſans ſouffrir jamais la moindre diminution? La réponſe ne peut plus être difficile ſuivant le ſyſtème de la lumiére que je viens d'établir, mais celui de l'émanation ne ſauroit y ſatisfaire en aucune maniére. Tout l'univers étant rempli de ce fluide extrêmement ſubtil & élaſtique, qu'on nomme l'éther, il faut ſuppoſer dans toutes les parties du ſoleil une agitation continuelle, par laquelle chaque particule ſe trouve dans un ébranlement & dans un mouvement de vibration perpétuelle, qui, ſe communiquant à l'éther voiſin, excite une agitation ſemblable, qui eſt tranſmiſe toujours plus loin, en tout ſens, avec la rapidité dont je viens de parler ſi amplement. Donc, pour ſoutenir le parallelle entre le ſon & la lumiére, le ſoleil ſeroit

ſemblable à une cloche qui ſonneroit ſans-ceſſe : il faut par conſéquent que les particules du ſoleil ſoient entretenues perpétuellement dans cette agitation, qui produit dans l'éther ce que nous nommons rayons de lumiére. Or c'eſt encore une difficulté, que d'expliquer par quelle force cette agitation perpétuelle dans les particules du ſoleil eſt entretenue, puiſque nous ſavons qu'une chandelle allumée ne brûle pas long-tems, & qu'elle s'éteint bientôt, à moins qu'elle ne ſoit nourrie par des matiéres combuſtibles. Mais il faut remarquer, que le ſoleil étant une maſſe pluſieurs milliers de fois plus grande que toute la terre, s'il eſt une fois bien enflammé, la flamme pourroit bien durer pendant pluſieurs ſiécles, avant que de ſouffrir quelque diminution ; de plus, le ſoleil n'eſt pas dans le cas de nos feux & de nos chandelles, dont une bonne partie de la ſubſtance ſe diſſipe en fumée & par l'exhalaiſon, d'où réſulte une perte réelle ; au lieu que, quoique peut-être quelque particule ſoit chaſſée du ſoleil en forme de fumée, elle ne s'en éloigne pas beaucoup, & retourne bientôt dans ſa maſſe, deſorte qu'il ne ſauroit y avoir une perte réelle, qui puiſſe cauſer une diminution dans ſa ſubſtance. La ſeule choſe que nous ignorons encore ſur cet article, eſt la force qui entretient conſtamment toutes les particules du ſoleil dans cette agitation : or cela n'a rien du tout qui choque le bon ſens ; & comme nous

ſommes forcés de reconnoître notre ignorance à l'égard de pluſieurs autres choſes, bien plus proches de nous que le ſoleil, nous devons être contens, quand nos idées ne renferment rien de revoltant.

le 21 *Juin* 1760.

LETTRE XXII.

LE ſoleil étant un corps lumineux, dont les rayons ſont répandus tout-au-tour & en tout ſens, *V. A.* ne ſera plus indéciſe ſur la cauſe de ce merveilleux phénomène, qui conſiſte dans l'ébranlement ou la vibration, dont toutes les particules du ſoleil ſont agitées. Le parallelle d'une cloche eſt fort propre à nous éclaircir ſur cet article. Mais il eſt très-naturel, que les vibrations, qui cauſent la lumiére, ſoient beaucoup plus vives & plus rapides que celles qui cauſent le ſon, puiſque l'éther eſt incomparablement plus ſubtil que l'air. Une agitation foible n'étant pas capable d'ébranler l'air pour y produire un ſon, celle d'une cloche & de tous les autres corps, qui en rendent, ſont trop foibles rélativement à l'éther, pour y produire l'ébranlement qui conſtitue la lumiére. *V. A.* ſe ſouviendra que, pour exciter un ſon ſenſible, il faut qu'il ſe faſſe dans une ſeconde plus de 30 & moins de 3000 vi-

brations, l'air étant trop ſubtil pour que moins de 30 vibrations puiſſent y produire un effet ſenſible; mais qu'il eſt trop groſſier pour en recevoir plus de 3000. Un ſon ſi haut ſe perdroit enfin tout-à-fait. Il en eſt de même de l'éther, & trois mille vibrations rendues dans une ſeconde ſont un objet trop groſſier pour lui; il faut des vibrations beaucoup plus fréquentes, & pluſieurs milliers rendus par ſeconde, avant qu'elles ſoient capables d'agir ſur l'éther, & d'y exciter un ébranlement. Une agitation ſi rapide ne ſauroit avoir lieu que dans les plus petites particules des corps qui, par leur imperceptibilité, échappent à nos ſens. La lumiére du ſoleil eſt donc produite par une agitation extrêmement vive & rapide, qui ſe trouve dans toutes les moindres particules du ſoleil, dont chacune doit s'ébranler pluſieurs milliers de fois pendant chaque ſeconde. Une telle agitation produit auſſi la lumiére des étoiles fixes, & de tous les feux, tels que les chandelles, les bougies, les flambeaux &c. qui nous tiennent lieu du ſoleil pendant la nuit, en nous éclairant. En regardant la flamme d'une bougie *V. A.* reconnoîtra aiſément qu'il y règne, dans les plus petites particules, une agitation ſurprenante; & je ne crois pas, que mon ſyſtème trouve de ce côté aucune contradiction, pendant que le ſyſtème de Newton éxige une agitation infiniment prodigieuſe, capable de lancer les plus petites particules avec une viteſſe qui parcourt 37500

milles d'Allemagne dans une ſeconde. Voilà donc l'explication de la nature des corps lumineux par eux-mêmes : car il y a des corps lumineux, qui ne le ſont pas d'eux-mêmes, tels que la lune & les planètes, qui ſont des corps ſemblables à notre terre. Nous ne voyons la lune, que quand & autant qu'elle eſt éclairée ou enluminée par le ſoleil, & c'eſt le cas de tous les corps terreſtres, ſi l'on excepte les feux & les flammes qui luiſent par eux-mêmes. Mais les autres corps qu'on nomme opaques, ne nous deviennent viſibles, qu'autant qu'ils ſont éclairés par quelqu'autre lumiére. Dans une nuit fort obſcure, ou dans une chambre ſi bien fermée par-tout, qu'il ne ſauroit y entrer aucune lumiére, on a beau fixer les yeux vers les objets qui ſe trouvent dans les ténèbres, on ne verra rien; mais dès qu'on y apporte une bougie allumée, on verra d'abord non-ſeulement la bougie, mais les autres corps qui étoient inviſibles auparavant. Voilà donc une diférence très-eſſentielle entre les corps lumineux, & les corps opaques. J'ai déja employé ce même nom *d'opaque* pour déſigner les corps qui ne ſont pas tranſparens; mais la choſe revient à-peu-près au même, & il faut s'accommoder à l'uſage de parler, quoiqu'il y ait quelque diférence. Les corps lumineux nous ſont viſibles par leur propre lumiére, & n'ont pas beſoin d'une lumiére étrangére pour être vûs; on ne les voit jamais mieux que dans les plus épaiſſes ténèbres, mais ceux que je nomme

ici opaques, ne nous ſont viſibles que par le ſecours d'une lumiére qui leur eſt étrangére. Nous ne les voyons point tant qu'ils ſont dans les ténèbres; mais auſſitôt qu'ils ſont expoſés à un corps lumineux, dont les rayons puiſſent les frapper, nous les voyons, & ils diſparoiſſent dès qu'on ôte cette lumiére étrangére. Il n'eſt pas même beſoin, que les rayons d'un corps lumineux les frappent immédiatement; un autre corps opaque, lors qu'il eſt bien éclairé, produit à-peu-près le même effet, mais d'une maniére plus foible. La lune nous en fournit un bel éxemple. Nous ſavons que la lune eſt un corps opaque, mais quand elle eſt éclairée du ſoleil, & que nous la voyons de nuit, elle éclaire foiblement tous les corps opaques ſur terre, & nous rend viſibles ceux qui nous ſeroient inviſibles ſans elle. Quand je me trouve de jour dans une chambre à l'expoſition du nord, où les rayons du ſoleil ne peuvent pas entrer, il y fait pourtant clair, & j'y puis tout diſtinguer; & quelle ſeroit la cauſe de cette clarté? ſi ce n'étoit que le ciel tout entier eſt éclairé du ſoleil, ce que nous nommons le bleu du ciel, de plus les murailles vis-à-vis ma chambre, & les autres objets ſont auſſi éclairés, ou immédiatement par le ſoleil, ou médiatement par d'autres corps opaques éclairés; & la lumiére de tous ces corps opaques mais éclairés, entrant dans ma chambre, la rend claire, & d'autant plus, que les fenêtres ſont hautes, larges, & bien arrangées; les

vitres des fenêtres n'y nuisent prèsque point, puisque le verre, comme j'ai déjà remarqué, est un corps transparent, qui accorde un libre passage à la lumiére. Quand je ferme bien les volets de mes fenêtres, desorte que la lumiére de dehors ne sauroit plus entrer dans ma chambre, je suis dans les ténèbres; & je n'y vois rien si je ne fais pas apporter une chandelle. Voilà donc une diférence bien essentielle entre les corps lumineux & les corps opaques, & une ressemblance bien remarquable, savoir, que les corps opaques éclairés, éclairent les autres corps opaques, & produisent à cet égard à-peu-près le même effet, que les corps lumineux par eux-mêmes. L'explication de ce phénomène a bien tourmenté les philosophes jusqu'à présent, mais je me flatte de l'avoir rendue à *V. A.* d'une maniére claire & satisfaisante.

le 24 Juin 1760.

LETTRE XXIII.

AVANT que d'entreprendre l'explication du phénomène, par lequel les corps opaques nous deviennent visibles lorsqu'ils sont éclairés, il faut remarquer en général, que nous ne voyons rien que par les rayons qui entrent dans nos yeux. Quand nous voyons un objet quel-

conque, des rayons partans de chaque point de cet objet, & entrant dans l'œil y peignent, pour ainſi dire, l'image de cet objet. Ceci n'eſt pas une ſimple conjecture, on peut le prouver par l'expérience. On prend un œil de bœuf, ou de quelqu'autre bête fraîchement tuée, & après avoir découvert le fonds, on y voit dépeints tous les objets qui ſe trouvent devant. Toutes les fois donc que nous voyons un objet, l'image en eſt peinte ſur le fonds des yeux; & cette image eſt l'ouvrage des rayons qui proviennent de l'objet, & qui entrent dans les yeux. J'aurai l'honneur de préſenter à *V. A.* dans la ſuite, une explication plus détaillée de la viſion, & de la maniére dont les images des objets ſont formées ſur le fonds de l'œil; cette remarque générale ſuffit pour le préſent. Puis donc que nous ne voyons les corps opaques, que quand ils ſont éclairés, c'eſt que des rayons proviennent de tous les points de ces corps; qui ne ſubſiſtent que tant que les corps ſont éclairés; dès qu'ils ſe trouvent dans les ténèbres, ces rayons s'évanouïſſent; ces rayons ne ſont donc pas propres aux corps opaques, & leur origine doit ſe chercher dans l'illumination. Et c'eſt la grande queſtion, comment l'illumination ſeule eſt capable de produire des rayons ſur les corps opaques, ou de les mettre à-peu-près dans le même état où ſe trouvent les corps lumineux qui, par une agitation dans leurs moindres particules, produiſent des ra-

yons. Le grand Newton, & les autres philosophes qui ont éxaminé cette matiére, en admettent la réflèxion pour cauſe; il eſt donc de la derniére importance que *V. A.* ſe forme une juſte idée de ce qu'on nomme réflèxion. On donne ce nom à la répulſion d'un corps choqué par un autre, comme on le voit dans le jeu du billard. Quand on joue la bille contre le rebord ou la bande du billard, elle en réjaillit, elle en eſt réfléchie, & ce changement ſe nomme réflèxion. Il eſt bon de diſtinguer ici *Tab.* 1. *fig.* 7. deux cas. Supposé que *AB* ſoit la bande du billard, le prémier cas eſt, lorſqu'on joue la bille *D* perpendiculairement contre la bande, ſuivant la direction *DC*, deſorte que cette ligne *DC* ſoit perpendiculaire à la bande *AB*, & partant les angles enſuite *ACD* & *BCD*, droits; dans ce cas, la bille ſera repouſſée ou réflèchie ſur la même ligne *DC*. L'autre cas eſt, lorſque la bille eſt jouée obliquement vers la bande, comme ſi l'on pouſſoit la bille *E* ſelon la ligne *EC*, qui faſſe avec la bande *AC* un angle aigu *ACE*, qu'on nomme *l'angle d'incidence*; alors la bille ſera repouſſée par la bande ſelon la ligne *CF*, enſorte que cette ligne faſſe de l'autre côté avec la bande *BC* un angle *BCF*, précifément égal à l'angle d'incidence *ACE*. On nomme cet angle *BCF*, ſous lequel la bille eſt réflèchie, *l'angle de réflêxion*; & on tire de-là cette règle générale, que, dans toutes les réflèxions, l'angle d'incidence

eſt toujours égal à l'angle de réflèxion. Cette loi s'obſerve toujours, lorſqu'un corps, dans ſon mouvement, rencontre des obſtacles; & un boulet de canon tiré contre une muraille aſſez forte, qu'il ne ſauroit percer, en eſt réflèchi conformément à cette règle, que l'angle de réflèxion eſt toujours égal à l'angle d'incidence. Cette règle s'étend de même aux ſons, qui ſont ſouvent réflèchis de certains corps; & *V. A.* n'ignore pas, que cette réflèxion des ſons s'appelle écho. Auſſi n'y a-t-il point de doute, qu'elle n'ait lieu ſouvent dans les rayons de lumiére. Les objets que nous voyons dans les miroirs, nous ſont répréſentés par la réflèxion des rayons, & toutes les fois qu'une ſurface eſt bien polie, elle réflèchit les rayons de lumiére qui y tombent. Il eſt donc très-certain, qu'il y a une infinité de cas, où les rayons, qui tombent ſur certains corps, en ſont réflèchis; & les philoſophes ont pris de-là occaſion de ſoutenir, que nous voyons les corps opaques par des rayons réflèchis. Je vois à préſent les maiſons vis-à-vis mes fenêtres, qui ſont éclairées par le ſoleil: donc, ſelon le ſentiment de ces philoſophes, les rayons du ſoleil qui tombent ſur la ſurface de ces maiſons, en ſont réflèchis: ils entrent dans ma chambre, & me rendent ces maiſons viſibles. C'eſt de la même maniére, ſuivant ces philoſophes, que nous voyons la lune & les planètes qui ſont, ſans-contredit, des corps opaques. Les rayons du ſoleil qui tombent

ſur ces corps & qui en éclairent la partie qui lui eſt expoſée, en ſont réflèchis, & parviennent de-là juſqu'à nous, tout comme ſi ces corps étoient lumineux d'eux-mêmes. Donc, ſuivant ce ſentiment, nous ne voyons la lune & les planètes que par les rayons du ſoleil qui en ſont réflèchis, & *V. A.* aura déja bien entendu dire ſouvent, que la lumiére de la lune eſt une réflèxion de la lumiére du ſoleil. C'eſt ainſi, dit-on, que les corps opaques éclairés du ſoleil, quand ils jettent leurs rayons réflêchis ſur d'autres corps opaques, en ſont de nouveau réflèchis, & ceux-ci, en tombant encore ſur d'autres, ſouffrent une troiſiéme réflèxion, & ainſi de ſuite. Mais quelque probable que puiſſe paroître ce ſentiment au premier coup-d'œil, il renferme tant d'abſurdités, dès qu'on l'éxamine de plus près, qu'il eſt abſolument inſoutenable, comme j'aurai l'honneur de le prouver invinciblement à *V. A.* pour lui préſenter enſuite la véritable explication de ce phénomène.

le 28 de Juin 1760.

LETTRE XXIV.

JE dis donc que lorſque nous voyons un corps opaque éclairé par le ſoleil, il eſt inſoutenable de dire, que les rayons en ſoient ré-

flèchis, & que ce ſoit par ces rayons réflèchis, que nous voyons le corps. L'éxemple d'un miroir qui réflèchit, ſans - contredit, les rayons, & dont on ſe ſert pour prouver ce ſentiment, prouve plutôt le contraire. Le miroir renvoye, ſans-doute, les rayons qui y tombent, mais lorſque ces rayons réflèchis entrent dans nos yeux, que repréſentent - ils? *V. A.* me dira d'abord, que ce n'eſt pas le miroir mais les objets d'où ils ſont partis originairement, & la réflèxion ne fait autre choſe que de nous faire voir ces objets dans un autre lieu. Auſſi ne voyons-nous pas ces objets dans la ſurface du miroir, mais plutôt au-dedans; & on peut bien dire, que le miroir même nous reſte inviſible. Mais en regardant un corps opaque éclairé par le ſoleil, nous n'y voyons pas le ſoleil; nous ne voyons que la ſurface de ce corps, avec toutes les variations qui s'y trouvent; on doit donc reconnoître une diférence très - eſſentielle entre les rayons qui ſont réflèchis d'un miroir, & ceux par leſquels nous voyons les corps opaques. Mais il eſt encore une autre diférence auſſi palpable dans le miroir; car en changeant les objets devant le miroir, leur place, ou notre propre ſituation, l'apparition changera toujours, & les rayons réflèchis du miroir, repréſenteront continuellement à nos yeux d'autres images, qui répondent à la nature & à la poſition des objets, & au lieu où nous ſommes poſtés; mais comme j'ai déja dit,

ces rayons réflèchis ne nous préſentent jamais le miroir même. Or, qu'un corps ſoit éclairé par le ſoleil ou par d'autres corps lumineux ou opaques, déja éclairés, de quelque maniére que ce corps change de place, ou que nous en changions nous-mêmes par rapport à lui, l'apparition en eſt toujours la même; nous voyons toujours le même objet, & nous n'y remarquons aucun changement qui ſe rapporte aux diverſes circonſtances ſuſdites; ce qui fournit une nouvelle preuve, que nous ne voyons point les corps opaques par des rayons réflèchis de leur ſurface. Je prévois bien ici une objection tirée du col des pigeons & de certaines eſpèces d'étoffes, qui nous offrent des ſpectacles diférens, ſelon que notre point de vûe change; mais cela n'affoiblit en aucune maniére ma concluſion à l'égard des corps opaques ordinaires, qui ne ſont pas aſſujettis à ce changement; cette objection ne prouve autre choſe, ſinon, que ces objets ſinguliers ſont doués de certaines qualités, comme, par éxemple, que leurs moindres particules ſont bien polies, & qu'il y arrive une véritable réflèxion, outre la maniére ordinaire & commune, dont les corps nous ſont viſibles. Or on comprend aiſément, que cette réflèxion doit être bien diſtinguée de la maniére dont les corps opaques ordinaires ſont éclairés. Enfin les rayons réflèchis d'un miroir nous repréſentent auſſi toujours les couleurs des corps d'où ils provien-

nent originairement, & le miroir, où se fait la réflèxion, n'y change rien. Un corps opaque illuminé par quelqu'autre corps, de quelque maniére qu'il soit éclairé, nous présente toujours les mêmes couleurs; & on peut dire que chaque corps a sa propre couleur. Cette circonstance renverse absolument le sentiment de tous ceux, qui prétendent que nous voyons les corps opaques par le moyen des rayons qui sont réflèchis de leur surface. En joignant ensemble toutes les raisons que je viens d'expliquer à *V. A.* elle ne balancera pas de prononcer, que ce sentiment ne sauroit être soutenu en aucune façon, en philosophie, ou plutôt en physique. Cependant je ne saurois me flatter que les philosophes, trop attachés à leurs sentimens une fois reçûs, se rendent à ces raisons; mais les physiciens, qui sont plus étroitement liés avec les mathématiciens, ont moins de difficultés à changer de sentiment sur des raisons aussi fortes. *V. A.* se rappellera encore ici, ce qu'a dit Ciceron sur ce sujet: que rien ne sauroit être imaginé de si absurde, qui ne soit soutenu par quelque philosophe. En effet, quelqu'étrange que puisse paroître à *V. A.* le systême que je viens de refuter, il a été soutenu & défendu jusqu'ici avec beaucoup de chaleur. On ne sauroit dire que les inconvéniens & les contradictions, que je viens de mettre sous les yeux de *V. A.* fussent inconnues aux partisans de ce systême. Le grand Newton lui-même en

a

a bien ſenti la force; mais comme il s'eſt arrèté à l'idée la plus étrange ſur la propagation des rayons: il ne faut pas être ſurpris, qu'il ait pu paſſer ſur ces grandes incongruités; &, en général, la profondeur de l'eſprit ne garantit jamais d'abſurdité pour des ſentimens qu'on a une fois embraſſés. Mais ſi ce ſyſtème, que les corps opaques ſont vus par des rayons réflèchis, eſt faux, diſent ſes partiſans, quelle en eſt donc la véritable explication? Il leur ſemble même, qu'il eſt impoſſible d'imaginer une autre explication de ce phénomène, & d'ailleurs il eſt trop difficile & trop humiliant pour un philoſophe d'avouer ſon ignorance ſur quelqu'article que ce ſoit. Il préfère toujours de ſoutenir les plus grandes abſurdités, ſur-tout quand il poſſède le ſecret de les envelopper dans des termes obſcurs, que perſonne ne peut comprendre; car alors le vulgaire admire davantage les ſavans, en s'imaginant que ces obſcurités ſont fort lumineuſes pour eux. Du moins il faut toujours être en défiance, quand les ſavans ſe vantent de connoiſſances ſi ſublimes, qu'ils ne ſauroient rendre intelligibles. J'eſpère expliquer le phénomène en queſtion de maniére que *V. A.* n'y trouvera rien de difficile à comprendre.

le 1 *Juillet* 1760.

LETTRE XXV.

Tous les phénomênes ſur les corps opaques, que j'ai développés dans ma précédente lettre, prouvent invinciblement que, lorſque nous voyons un corps opaque éclairé, ce n'eſt pas par des rayons réflèchis de ſa ſurface que nous le voyons; mais que les moindres particules dans ſa ſurface ſe trouvent dans une agitation ſemblable à celle, dont les moindres particules des corps lumineux ſont ébranlées; avec cette diférence cependant, que l'agitation dans les corps opaques n'eſt pas à beaucoup près ſi forte que dans les corps lumineux d'eux-mêmes, attendu qu'un corps opaque, quelqu'éclairé qu'il ſoit, ne fait jamais dans l'œil une impreſſion ſi vive que les corps lumineux. Puiſque nous voyons les corps opaques mêmes, & point du tout les images des corps lumineux qui les éclairent, comme cela devroit arriver, ſi nous les voyons réflèchis de leur ſurface: il faut que les rayons par leſquels nous les voyons, leur ſoient propres, & leur appartiennent auſſi étroitement, que les rayons des corps lumineux à ceux-ci. Tant qu'un corps opaque eſt éclairé, les moindres particules dans ſa ſurface ſe trouvent donc dans une agitation propre à produire dans l'éther un mouvement de vibration tel qu'il faut pour former des rayons, & peindre dans nos yeux l'image de

leur original. Pour cet effet il faut que, de chaque point de la ſurface, il ſoit répandu des rayons en tout ſens; ce que l'expérience confirme évidemment; puiſque, de quelque côté que nous regardions un corps opaque, nous le voyons également dans tous ces points; d'où il ſuit, que chaque point envoie des rayons en tout ſens. Cette circonſtance diſtingue eſſentiellement ces rayons des rayons réflèchis, dont la direction eſt toujours déterminée par celle des rayons incidens, deſorte que ſi les rayons incidens viennent d'une ſeule région, comme du ſoleil, les rayons réflêchis ne ſuivroient qu'une ſeule direction. Nous reconnoiſſons donc que, dès qu'un corps opaque eſt éclairé, toutes les plus petites particules qui ſe trouvent dans ſa ſurface, ſont miſes dans une certaine agitation, qui produit des rayons, comme j'ai fait voir que cela arrive dans les corps lumineux par eux-mêmes. Cette agitation eſt auſſi d'autant plus forte que la lumiére qui éclaire eſt efficace: ainſi le même corps, expoſé au ſoleil, eſt beaucoup plus vivement agité, que s'il n'eſt qu'éclairé par le jour dans une chambre, ou, de nuit, par une bougie ou par le clair de la lune. Dans le premier cas ſon image eſt peinte beaucoup plus vivement ſur le fonds de l'œil que dans les autres, & ſur-tout dans celui du clair de lune, dont l'illumination ſuffit à peine à diſtinguer ou à lire une écriture fort groſſe; & lorſqu'on tranſporte le corps opaque dans

une chambre obſcure, ou dans les ténêbres, on n'en voit plus rien, ce qui eſt une marque certaine que l'agitation, dans ſes parties, a tout-à-fait ceſſé, & qu'elles ſe trouvent en repos. Voilà donc en quoi conſiſte la nature des corps opaques ; c'eſt que leurs particules ſont d'elles-mêmes en repos, ou du moins deſtituées de l'agitation qu'il faut pour produire de la lumiére ou des rayons ; mais ces mêmes particules ont une telle diſpoſition que, lorſqu'elles ſont éclairées, ou que des rayons de lumiére y tombent, elles ſont d'abord miſes dans un certain ébranlement ou mouvement de vibration propre à produire des rayons ; & plus la lumiére qui éclaire ces corps eſt vive, plus auſſi l'agitation ſera forte. Tant donc, qu'un corps opaque eſt éclairé, il ſe trouve dans le même état que les corps lumineux ; ſes moindres particules étant agitées de la même maniére, & capables d'exciter des rayons dans l'éther, avec la diférence que, dans les corps lumineux, cette agitation ſubſiſte d'elle-même, entretenue par une force intrinſèque ; au lieu que, dans les corps opaques, cette agitation eſt acceſſoire, n'étant produite que par la lumiére qui les éclaire, & qu'elle eſt entretenue par une force étrangére, qui ne réſide pas dans le corps même, mais dans l'illumination. Cette explication ſatisfait à tous les phénomênes, & n'eſt ſujette à aucun des inconvéniens qui nous ont fait abandonner l'autre, fondée ſur la réflè-

xion. Quiconque voudra bien peser toutes ces circonstances, n'en disconviendra pas; mais il reste encore une difficulté très-grande; c'est d'expliquer comment la simple illumination, qui éclaire un corps opaque, est capable de mettre en agitation les plus petites particules, & précisément dans une agitation qui produise des rayons; & que cette agitation demeure à-peu-près toujours la même, quelque diférence qui se trouve dans l'illumination. J'avoue, que si l'on ne pouvoit pas répondre à cette question, ce seroit un grand défaut dans ma théorie, quoiqu'elle n'en seroit point renversée; car il n'y a rien là de revoltant. La seule chose que j'ignorerois, savoir, comment l'illumination produit une agitation dans les moindres particules des corps opaques, ne marqueroit qu'une imperfection dans cette théorie, & si l'on ne peut pas démontrer une impossibilité absolue que l'illumination produise cet effet, mon système pourra toujours subsister. Mais je suppléerai encore à ce défaut, & ferai voir à *V. A.* très-clairement, comment l'illumination agite les plus petites particules des corps.

le 5 Juillet 1760.

LETTRE XXVI.

Je me ſuis engagé à faire comprendre à *V. A.* comment l'illumination d'un corps opaque doit produire dans ſes moindres particules une agitation propre à exciter des rayons de lumiére, qui nous rendent ce même corps opaque viſible. Le parallelle entre le ſon & la lumiére, qui ne diférent que du plus au moins, la lumiére étant la même choſe à l'égard de l'éther que le ſon à l'égard de l'air, ce parallelle, dis-je, me mettra en état de m'acquiter de mon engagement. Les corps lumineux doivent être comparés à des inſtrumens de muſique, mis en action, ou qui ſonnent actuellement. Il eſt indiférent que ce ſoit par une force intrinſéque, ou parcequ'ils ſont touchés par des forces étrangéres; il me ſuffit, qu'ils ſonnent & faſſent du bruit. Les corps opaques, tant qu'ils ne ſont pas éclairés, doivent être comparés à des inſtrumens de muſique hors d'action, ou bien à des cordes tendues qui, ſans être touchées, ne rendent aucun ſon. Notre queſtion étant donc tranſportée de la lumiére au ſon, ſe réduit à ceci: ſi une corde tendue en repos, ſe trouvant dans le bruit des inſtrumens de muſique, en reçoit quelqu'agitation, & commence à ſonner, ſans être touchée? C'eſt ce que l'expérience nous apprend qui arrive effectivement. Si *V.*

A. veut bien prendre la peine de confidérer une corde tendue, pendant un concert, ou pendant le bruit de toutes fortes d'inftrumens de mufique, elle remarquera que cette corde tremblera fans qu'on y ait touché, & donnera le même fon que fi elle eut été touchée. Cette expérience réuffit mieux encore, fi les inftrumens rendent le même fon que la corde. Que *V*. *A*. confidère attentivement les cordes d'un clavecin où l'on ne joue pas, pendant qu'un violon donne le fon *a*, par éxemple, bien fort, & elle remarquera que, fur ce clavecin, la corde de ce même fon commencera à trembler affez fenfiblement, même à fonner, fans avoir été touchée; quelques autres cordes feront auffi agitées, particuliérement celles qui tiennent au fon qu'on joue, une octave, ou une quinte, & fouvent auffi une tierce, pourvû que l'inftrument foit parfaitement accordé. Ce phénomène eft très-connu des muficiens, & Mr. Rameau, grand compofiteur François, établit là-deffus fes principes de l'harmonie. Il prétend que les octaves, quintes & tierces, doivent être connues pour des confonances, par la raifon qu'une corde eft agitée par le feul fon d'une autre corde, qui eft le même que celui que la premiére corde rend, ou qui y tient l'intervalle d'une octave, d'une quinte ou d'une tierce. Mais il faut convenir que les principes de l'harmonie font fi bien établis par la fimplicité des rapports que les fons tiennent entr'eux, qu'ils n'ont pas befoin d'un

nouvel appui. Le phénomène dont je parle eſt plutôt une conſéquence fort naturelle des principes de l'harmonie. Pour rendre cela plus ſenſible, conſidérons deux cordes accordées pour le même ſon; en frappant l'une, l'autre commencera d'elle-même à trembler & à ſonner. La raiſon en eſt aſſez claire; car comme une corde communique à l'air en tremblant, un mouvement de vibration ſemblable, l'air, réciproquement, agité de ce mouvement de vibration, doit faire trembler la corde, pourvû que, par ſa tenſion, elle ſoit ſuſceptible de ce mouvement. L'air étant agité d'un mouvement de vibration frappe tant ſoit peu la corde à chaque coup, & la réitération des coups, par chaque vibration, imprime bientôt à la corde un mouvement ſenſible; puiſque les vibrations auxquelles elle eſt diſpoſée par ſa tenſion, conviennent avec celles qui ſe trouvent dans l'air. Si le nombre des vibrations dans l'air eſt la moitié ou le tiers, ou tel que le rapport ſoit aſſez ſimple, la corde ne reçoit pas une nouvelle impulſion à chaque vibration, comme dans le cas précédent, mais ſeulement à la ſeconde, ou troiſiéme ou quatriéme &c. ce qui continuera d'augmenter ſon tremblement, mais pas ſi fort que dans le premier cas. Mais ſi le ſon ne tient dans l'air, aucun rapport ſimple avec celui qui convient à la corde, l'agitation de l'air ne produit aucun effet ſur elle, les vibrations de la corde, s'il y en a, ne ſe rencon-

trant pas avec celles de l'air; les impulſions ſuivantes de l'air détruiſent, pour la plupart, l'effet que les premiéres peuvent avoir produit ; c'eſt ce que l'expérience confirme admirablement. Ainſi pour qu'une corde ſoit ébranlée par le ſeul bruit d'un ſon, l'effet ſera plus ſenſible quand le ſon, dans l'air, eſt préciſément le même que celui de la corde. D'autres ſons, qui ont une conſonance avec celui de la corde, produiront bien un effet ſemblable, mais moins ſenſible, & les diſſonances n'en produiſent aucun. Cette circonſtance a lieu, non ſeulement dans les cordes, mais dans tous les corps ſonores. Une cloche ſonnera par le ſeul bruit d'une autre cloche, qui y tient une belle harmonie, c'eſt-à-dire, ou le même ſon, ou l'octave, ou la quinte, ou la tierce. L'hiſtoire nous fournit un exemple dans les verres à boire. Il y avoit un homme qui caſſoit les verres par ſon cri. Quand on lui préſentoit un verre, il en examinoit d'abord le ſon, en le frappant; il crioit enſuite du même ton ſur le verre, qui commençoit à s'ébranler; il augmentoit alors ſa voix de toutes ſes forces, toujours ſur le même ton, & l'ébranlement du verre devenoit enfin ſi fort, qu'il ſe briſoit en petits morceaux. Il eſt donc très certain & bien confirmé par l'expérience, qu'une corde & tout autre corps ſonore eſt mis en agitation par le ſeul bruit d'un ſon conſonant; le même phénomène doit donc avoir lieu dans les corps

opaques, qui pourront être mis en agitation par la ſeule illumination ; c'eſt la queſtion que je m'étois propoſé de réſoudre ; j'en donnerai l'explication plus détaillée dans ma premiére lettre.

le 8 *Juillet* 1760.

LETTRE XXVII.

APRÈS ce que je viens d'expoſer, *V. A.* ne ſera plus ſurpriſe qu'un corps puiſſe recevoir, par la ſeule illumination, une agitation dans ſes plus petites particules, ſemblable à celle dont les particules des corps lumineux ſont agitées, & qui leur donne la propriété de produire des rayons qui les rendent viſibles ; ainſi ce grand obſtacle, qui paroiſſoit s'oppoſer à mon explication de la viſibilité des corps opaques, eſt heureuſement levé, pendant que l'autre explication, fondée ſur la réflèxion des rayons, rencontre d'autant plus de difficultés qu'on veut en faire l'application aux phénomènes connus. C'eſt donc une vérité bien conſtatée, que de tous les corps que nous voyons, les moindres particules, dans leur ſurface, ſe trouvent dans une certaine agitation, ou mouvement de vibration, ſemblable à celui d'une corde pincée, mais incomparablement plus vif & plus rapide ; ſoit que

cette agitation ſoit l'effet d'une force intrinſèque, comme dans les corps lumineux par eux-mêmes, ſoit qu'elle ſoit produite par des rayons de lumiére qui tombent ſur les corps, c. à. d. par l'illumination, comme il arrive dans les corps opaques. Il eſt donc faux que la lune, étant un corps opaque, réflèchiſſe les rayons du ſoleil, & que ce ſoit par cette lumiére réflèchie que nous la voyons, comme on le croit communément; mais les rayons du ſoleil, qui tombent ſur la ſurface de la lune, excitent ſes particules à un ébranlement ſemblable, d'où réſultent les rayons de la lune, qui entrant dans nos yeux y peignent ſon image; & c'eſt le cas des planètes & de tous les corps opaques. Cette agitation des moindres particules des corps opaques, lorſqu'ils ſont éclairés, ne dure pas plus long-tems que l'illumination qui en eſt la cauſe; & ſitôt qu'un corps opaque n'eſt plus éclairé nous ne le voyons plus. Mais ne pourroit-il pas arriver que cette agitation, une fois imprimée aux moindres particules d'un corps opaque, ſe conſerve encore pendant quelque tems, comme nous voyons qu'une corde une fois pincée, continue ſouvent à trembler pendant long-tems? Je ne ſaurois nier que ce cas ne ſoit poſſible, & je crois même qu'il éxiſte dans ces matiéres, que Mr. Margraff a préſentées à *V. A.*, qui une fois éclairées, conſervent encore quelque tems leur lumiére quand on les tranſporte dans une chambre

obſcure. Cependant c'eſt un cas très-extraordinaire, l'ébranlement des moindres particules s'évanouït dans tous les autres corps avec l'illumination qui l'a cauſé. Mais cette explication, qui juſqu'ici ſe ſoutient parfaitement, me conduit à des recherches plus importantes encore. Il n'eſt pas douteux qu'il ſe trouve une diférence infinie entre les plus petites particules des corps opaques, ſelon la variété des corps mêmes: quelques-uns feront plus ſuſceptibles du mouvement de vibration, & d'autres moins, qui même n'en ſauroient recevoir aucun. Cette diférence ne ſe rencontre que trop évidemment dans les corps. Tel dont les particules reçoivent facilement l'impreſſion des rayons qui y tombent, nous paroît brillant, tel autre parcontre, où les rayons ne cauſent prèſque point d'agitation, doit nous paroître obſcur & ténèbreux. Parmi pluſieurs corps également éclairés, *V. A.* remarquera toujours une grande diférence, les uns étant plus clairs & plus brillans que les autres. Mais il doit y avoir une autre diférence encore, bien remarquable parmi les moindres particules des corps opaques, à l'égard du nombre des vibrations que chacune, étant agitée, rendra dans un certain tems. J'ai déja remarqué que ce nombre doit toujours être fort grand, & que la ſubtilité de l'éther en demande pluſieurs milliers dans une ſeconde. Mais il peut y avoir une diférence infinie, ſi quelques particules employent, par

éxemple, 10000 vibrations dans une ſeconde, & d'autres 11000, 12000, 13000, &c. ſelon la petiteſſe, la tenſion & l'élaſticité de chacune, comme il arrive dans les cordes de muſique, où le nombre de vibrations rendues dans une ſeconde peut varier à l'infini; & c'eſt de là que j'ai déduit la diférence des ſons graves & aigus, ou des ſons bas & hauts. Comme cette diférence eſt eſſentielle dans les ſons, & que l'ouïe en eſt affectée d'une maniére ſi particuliére, que c'eſt ſur cette diférence qu'eſt fondée toute l'harmonie de la muſique, on ne ſauroit douter, qu'une diférence pareille dans la fréquence des vibrations des rayons de lumiére, ne produiſe un effet tout particulier & une diférence très-eſſentielle dans la viſion. Si, par éxemple, une particule fait 10000 vibrations dans une ſeconde, & produit des rayons de la même eſpèce, les rayons qui entrent dans l'œil, y frapperont le fonds ou les nerfs qui s'y trouvent, 10000 fois dans une ſeconde; & cet effet, ainſi que la ſenſation, doivent être tout-à-fait diférens de ceux que produiroit une autre particule, qui feroit plus ou moins de vibrations dans une ſeconde. Il y aura dans la viſion une diférence ſemblable à celle que ſent l'ouïe en écoutant des ſons graves ou aigus. *V. A.* ſera bien curieuſe d'apprendre, à quoi ſe réduit cette diférence dans la viſion, & ſi nous diſtinguons en effet les objets dont les particules ſont miſes en mouvement de vibration

plus ou moins de fois dans une ſeconde? J'ai l'honneur de dire à *V. A.* ſur ce ſujet, que c'eſt la diverſité des couleurs qui eſt cauſée par cette diférence; & que, par rapport à la vue, les couleurs ſont le même effet que les ſons hauts ou bas, par rapport à l'ouïe. Voilà donc une grande queſtion, dont la réſolution s'eſt offerte d'elle-même, ſans l'avoir cherchée. C'eſt celle ſur la nature des couleurs, qui a tourmenté de tout tems les philoſophes. Quelques-uns ont dit que c'eſt une certaine modification de la lumiére qui nous eſt abſolument inconnue. Deſcartes prétend que les couleurs ne ſont qu'un certain mélange de la lumiére & de l'ombre; & Newton en cherche la raiſon dans les rayons du ſoleil, qui ſelon lui ſont des émanations réelles, & il croit que leur matiére pourroit être plus ou moins ſubtile; d'où il établit des rayons de toutes couleurs, rouge, jaune, verd, bleu & violet. Mais ce ſyſtème, tombant de lui-même, tout ce qu'on a dit juſqu'à préſent ſur les couleurs revient à ceci, que nous n'en ſavons rien du tout. Mais *V. A.* doit comprendre très-clairement, que la nature de chaque couleur conſiſte dans le nombre de vibrations, dont les particules, qui nous préſentent cette couleur, ſont agitées dans un certain tems.

le 12 *Juillet* 1760.

LETTRE XXVIII.

L'IGNORANCE de la véritable nature des couleurs a élevé de tout tems de grandes disputes parmi les philosophes; chacun s'est efforcé de briller par quelque sentiment particulier sur ce sujet. Le système, que les couleurs résident dans les corps mêmes, leur parût trop commun, & peu digne d'un philosophe, qui doit toujours s'élever au-dessus du vulgaire. Puisque le paysan s'imagine que tel corps est rouge, l'autre bleu, & un autre verd, le philosophe ne sauroit se distinguer mieux qu'en soutenant le contraire; il dit donc, que les couleurs n'ont rien de réel; qu'il n'y a rien dans les corps qui s'y rapporte. Les Newtoniens mettent les couleurs uniquement dans les rayons qu'ils distinguent selon les couleurs, en rouges, jaunes, verds, bleus & violets; & ils disent, qu'un corps nous paroît de telle ou telle couleur, lorsqu'il réflèchit des rayons de cette espèce. D'autres, auxquels ce sentiment paroît trop grossier, prétendent que les couleurs n'éxistent que dans l'imagination. C'est le meilleur moyen pour couvrir son ignorance, sans lequel le peuple pourroit croire, que le savant ne connoîtroit pas mieux la nature des couleurs que lui. Mais à entendre parler les savans sur cet objet, on s'imagine qu'ils possèdent les plus profonds mystères, quoiqu'ils

n'en ſachent pas plus que le payſan, & peut-être moins encore. V. A. reconnoîtra aiſément, que ces ſubtilités apparentes ne ſont que des chicanes. Chaque couleur ſimple, (pour la diſtinguer des couleurs compoſées) eſt attachée à un certain nombre de vibrations, qui s'achèvent dans un certain tems; deſorte que ce nombre de vibrations rendues dans une ſeconde, détermine la couleur rouge, un autre la couleur jaune, un autre la verte, un autre la bleue, & un autre la violette, qui ſont les couleurs ſimples, que l'arc-en-ciel nous repréſente. Si donc les particules de la ſurface de quelques corps ſont diſpoſées de maniére, qu'étant agitées elles rendent, dans une ſeconde, autant de vibrations qu'en éxige, par éxemple, la couleur rouge, je nomme ce corps rouge, comme les payſans, & je ne vois aucune raiſon de m'écarter de la maniére reçue de parler. Et les rayons qui renferment autant de vibrations dans une ſeconde, pourront être nommés rouges avec le même droit; & enfin quand les nerfs du fonds de l'œil ſont affectés par ces mêmes rayons, & qu'ils en ſont preſque frappés autant de fois dans une ſeconde, ils excitent la ſenſation de la couleur rouge. Ici tout eſt clair, & je ne vois aucune néceſſité d'introduire des phraſes obſcures & myſtèrieuſes, qui au fonds n'aboutiſſent à rien. Le parallelle entre le ſon & la lumiére eſt ſi parfait, qu'il ſe ſoutient même dans les moindres circonſtances. Quand j'alléguai le phénomène

d'une

d'une corde tendue, qui peut être agitée par le ſeul bruit de quelques ſons, V. A. ſe ſouviendra, que le même ſon que la corde rendroit étant touchée, eſt le plus éficace à ébranler cette corde, & que d'autres ſons n'y produiſent d'effet, qu'autant qu'ils font avec elle une belle conſonance. Il en eſt éxactement de même de la lumiére & des couleurs; puiſque les diférentes couleurs répondent aux diférens ſons de la muſique. Pour faire voir ce bel & merveilleux phénomêne, qui confirme le plus fortement mon ſyſtême, on prépare une chambre obſcure; on y fait un petit trou dans un volet, devant lequel on place à quelque diſtance, un corps d'une certaine couleur, tel qu'un morceau de drap rouge, enſorte que, lorſqu'il eſt bien éclairé, ſes rayons entrent par le trou dans la chambre obſcure. Ce ſeront donc des rayons rouges, qui entrent dans la chambre, l'entrée de toute autre lumiére étant défendue; & lorſqu'on tient dans la chambre, vis-à-vis du trou, un morceau de drap de la même couleur, il ſera parfaitement éclairé, & ſa couleur rouge paroîtra fort brillante; mais ſi on y ſubſtitue un morceau de drap verd, il demeurera obſcur, & on ne verra prêſque rien de ſa couleur. Si l'on met hors de la chambre, devant le trou, un morceau de drap verd & bien éclairé, celui de la chambre en ſera parfaitement éclairé, & ſa couleur verte paroîtra fort vive. Il en eſt de même de toutes les autres couleurs; & je crois qu'on ne ſauroit préten-

dre une preuve plus éclatante de mon ſyſtême. Nous apprenons de-là, que pour éclairer un corps d'une certaine couleur, il faut que les rayons qui y tombent, ayent la même couleur, ceux d'une couleur diférente n'étant pas capables d'agiter les particules de ce corps. Cela ſe prouve encore par une expérience fort connue. Lorſqu'on allume de l'eſprit de vin dans une chambre, V. A. ſait que la flamme de l'eſprit de vin eſt bleue, qu'elle ne produit que des rayons bleus, & que toutes les perſonnes qui ſe trouvent dans cette chambre paroiſſent fort pâles, & leurs viſages comme ceux des mourans, quelque fardés ou teints de rouge qu'ils puiſſent être. La raiſon en eſt évidente, les rayons bleus n'étant pas capables d'exciter ou d'ébranler la couleur rouge dans le viſage, ce n'eſt qu'une couleur bleuâtre & fort foible qu'on y voit; mais que quelqu'un ait un habit bleu, l'habit paroîtra tout-à-fait brillant. Or les rayons du ſoleil, ceux d'une bougie ou d'une chandelle ordinaire, éclairent tous les corps à-peu-près également; d'où l'on conclut que les rayons du ſoleil renferment toutes les couleurs à la fois, quoiqu'il paroiſſe jaunâtre. En effet, lorſqu'on laiſſe entrer dans une chambre obſcure des rayons de toutes couleurs ſimples, des rouges, jaunes, verds, bleus & violets, en égale quantité à-peu-près, & qu'on les raſſemble, ils repréſentent une couleur blanchâtre. On fait la même expérience avec plu-

ſieurs poudres des couleurs mentionnées, & en les mêlant bien enſemble, il en réſulte une couleur blanchâtre. On en conclud, que la couleur blanche n'eſt rien moins que ſimple, mais plutôt un mêlange de toutes les couleurs ſimples; auſſi voyons-nous que le blanc eſt propre à recevoir toutes les couleurs. Quant au noir, ce n'eſt pas proprement une couleur. Tout corps eſt noir quand ſes particules ſont ſi lourdes qu'elles ne ſauroient recevoir aucun mouvement de vibration, ou qu'il ne produit pas des rayons. Ainſi le défaut de rayons produit cette couleur; & plus il ſe trouve de ces particules qui ne ſont ſuſceptibles d'aucun mouvement de vibration ſur la ſurface d'un corps, plus il paroît obſcur & noirâtre.

le 15 de Juillet 1760.

LETTRE XXIX.

J'AI déja remarqué, qu'il y a des corps, qui tranſmettent les rayons de la lumiére, qu'on nomme tranſparens, pellucides & diaphanes, comme le verre, l'eau & ſur-tout l'air. C'eſt cependant l'éther, qui eſt le milieu le plus naturel, dans lequel ſe forment les rayons de lumiére; & les autres matiéres tranſparentes n'ont cette qualité qu'à cauſe de l'éther qu'elles contiennent, & avec lequel elles ſont telle-

ment entremêlées, que les agitations, qui y ſont excitées par la lumiére, peuvent ſe communiquer plus loin ſans être arrêtées. Mais cette tranſmiſſion ne ſe fait jamais ſi librement que dans l'éther pur, & il s'en perd toujours quelque choſe; & d'autant plus que le corps tranſparent eſt plus épais. L'épaiſſeur peut même devenir ſi conſidérable, que toute la lumiére s'y perd, alors le corps n'eſt plus tranſparent. Ainſi, quoique le verre ſoit un corps tranſparent, un grand morceau de verre de quelques pieds d'épaiſſeur ne l'eſt plus, & l'on ne ſauroit voir à travers. De même, quelque pure que ſoit l'eau d'une riviére, on ne ſauroit voir le fonds dans l'endroit où elle eſt très-profonde, quoiqu'on le voye très-bien où elle ne l'eſt pas trop. La tranſparence n'eſt donc qu'une propriété des corps, rélative à leur épaiſſeur, & quand on attribue cette propriété au verre, à l'eau, &c. il faut toujours l'entendre avec reſtriction, que ces corps ne ſont pas trop épais; & pour chaque eſpèce il eſt une certaine meſure d'épaiſſeur, hors de laquelle le corps n'eſt plus tranſparent. Il n'y a, parcontre, point de corps opaque, oppoſé au tranſparent, qui ne le devienne lui-même ſi on le réduit à une lame extrèmement mince. Ainſi quoique l'or ne ſoit pas tranſparent, les feuilles d'or ſont pourtant tranſparentes; & en regardant les plus petites particules de tous les corps par un microſcope, on les trouve tranſparentes. On pourroit donc dire, que tous les

corps ſont tranſparens, lorſqu'on les fait aſſez minces, & qu'aucun corps n'eſt tranſparent, lorſqu'il eſt trop épais. Or ſelon la maniére de parler, on nomme tranſparens, les corps qui conſervent cette qualité juſqu'à un certain dégré d'épaiſſeur, quoiqu'ils la perdent lorſqu'ils l'excédent. Mais pour ce qui regarde l'éther, il eſt de ſa nature abſolument & parfaitement tranſparent, & ſon étendue ne diminue rien du tout à ſa tranſparence. La diſtance prodigieuſe des étoiles fixes, dont V. A. ſe rappelle bien, n'empêche pas que leurs rayons ne ſoient tranſmis juſqu'à nous; mais quoique notre air paroiſſe d'une tranſparence parfaite, s'il s'étendoit juſqu'à la lune, il la perdroit entiérement, ſans qu'aucun rayon du ſoleil & des autres corps céleſtes put pénêtrer juſqu'à nous. Nous ſerions alors dans le cas des ténèbres égyptiennes. La raiſon en eſt évidente, & nous remarquons la même choſe dans le ſon, dont la reſſemblance à la lumiére ſe confirme à tous égards. L'air eſt le milieu naturel, au travers duquel le ſon eſt tranſmis, mais les agitations excitées dans l'air ſont capables d'ébranler auſſi les particules de tous les corps, & celles-ci mettant en mouvement les intérieures, tranſmettent enfin les agitations à travers tous les corps, à moins qu'ils ne ſoient trop épais. Il y a donc des corps qui ſont, rélativement au ſon, ce que ſont les corps tranſparens rélativement à la lumiére; & tous les corps ont cette propriété par rapport au ſon, pourvu qu'ils ne

ſoient pas trop épais. V. A. étant dans ſa chambre, entend prèſque tout ce qui ſe paſſe dans l'antichambre, quoique les portes ſoient bien fermées, parceque l'agitation de l'air dans l'antichambre ſe communique aux murailles, & pénètre par elles dans la chambre même, quoiqu'avec quelque perte. Si l'on abattoit les murailles V. A. entendroit ſans-doute plus diſtinctement. Or plus les murailles ſont épaiſſes, plus le ſon perd de ſa force en les traverſant, & les murailles peuvent être ſi épaiſſes, qu'on n'entendroit rien de ce qui ſe paſſe dehors, à moins que ce ne fut un bruit terrible, comme un coup de canon. Cela me conduit à une nouvelle remarque; que des ſons très-forts peuvent bien paſſer par des murailles qui ſont impénètrables à des ſons plus foibles; & par conſéquent, pour juger ſi une muraille eſt capable de tranſmettre les ſons, il ne ſuffit pas d'avoir égard à l'épaiſſeur de la muraille, il faut auſſi tenir compte de la force du ſon. Si le ſon eſt très-foible, une muraille fort mince eſt capable de l'arrêter, quoiqu'elle put tranſmettre un ſon plus fort. Il en eſt de même des corps tranſparens, qui peuvent accorder le paſſage à la lumiére très-forte, ſans qu'on puiſſe voir au travers des objets peu brillans. Quand on noircit un verre avec de la fumée, on ne voit plus à travers des objets peu brillans; mais bien le ſoleil, fort diſtinctement. C'eſt le moyen, dont ſe ſervent les aſtronomes pour l'obſerver; il éblouïroit ſans cela les yeux. Et

quand on ſe trouve dans une chambre obſcure, dont le volet eſt troué du côté du ſoleil, on a beau couvrir ce trou de la main, la lumiére du ſoleil la traverſe. Cependant on apperçoit que la lumiére du ſoleil perd beaucoup de ſon éclat, en paſſant par un tel corps qui, rélativement à d'autres objets, n'eſt pas même tranſparent. Mais une lumiére très-forte peut perdre beaucoup de ſon éclat avant qu'elle ſoit entiérement éteinte, pendant qu'une lumiére plus foible ſe perd d'abord, un morceau de verre fort épais ne ſera donc point tranſparent à l'égard des objets peu brillans, mais on pourra voir le ſoleil à travers. Ces remarques ſur les corps tranſparens me conduiſent à la théorie de la réfraction, dont V. A. aura déja entendu parler bien ſouvent, & que je tâcherai de mettre dans tout ſon jour.

le 28 *Juillet* 1760.

LETTRE XXX.

TANT que la lumiére avance par le même milieu, qui ſoit l'éther, l'air, ou quelqu'autre corps tranſparent, la propagation ſe fait par des lignes droites, qu'on nomme rayons, puiſqu'ils partent du point lumineux en tout ſens, comme les rayons d'un cercle ou d'un globe partent du centre. Dans le ſyſtême de l'émana-

tion, les particules lancées du corps lumineux ſe meuvent en lignes droites; il en eſt de même dans le véritable ſyſtème que j'ai eu l'honneur de propoſer à V. A., où les agitations ſe communiquent par des lignes droites, comme le ſon d'une cloche nous eſt tranſmis par une ligne droite, par laquelle nous jugeons auſſi de quel côté vient le ſon; les rayons dans l'un & l'autre ſyſtème, nous ſont donc repréſentés par des lignes droites, tant qu'ils paſſent par le même centre tranſparent; mais ils peuvent ſouffrir quelqu'inflèxion, quand ils paſſent d'un milieu tranſparent dans un autre, & cette inflèxion eſt ce qu'on nomme la réfraction des rayons de la lumiére, dont la connoiſſance eſt de la derniére importance dans une infinité de phénomènes. Je vais donc expliquer à V. A. *Tab. I. fig.* 8. les loix conformément auxquelles la réfraction ſe fait.

C'eſt une loi conſtante que, lorſqu'un rayon comme *EC*, tombe perpendiculairement ſur la ſurface *AB* d'un autre milieu, il continue ſa route ſuivant la même ligne droite prolongée comme *CF*. Il ne ſouffrira pour lors aucune inflèxion ou réfraction. Si donc *EC* eſt un rayon du ſoleil qui tombe perpendiculairement ſur la ſurface *AB* de l'eau ou du verre: il y entrera ſelon la même direction & continuera ſa route ſelon la ligne *CF*, auſſi perpendiculaire à la ſurface *AB*, deſorte que *EF* ſoit une même ligne droite. C'eſt le ſeul cas où il n'y a point de réfraction; mais toutes les

fois que le rayon ne tombe pas perpendiculairement ſur la ſurface d'un autre corps tranſparent, il n'y continue pas ſa route ſuivant la même ligne droite; il s'en écartera plus ou moins *Tab. I. fig. 9.* & ſouffrira une réfraction.

Soit *PC* un rayon qui tombe obliquement ſur la ſurface *AB* d'un autre milieu tranſparent: en entrant dans ce milieu, il ne continuera pas ſa route ſuivant la ligne droite *CQ*, qui eſt la continuation de la ligne droite *PC*; mais il s'en écartera, ſelon la ligne droite *CR*, ou *CS*. Il ſouffrira donc en *C* une inflèxion qu'on nomme *réfraction*, qui dépend en partie de la diverſité des deux milieux, & en partie de l'obliquité, ſous laquelle le rayon *PC* entre. Pour expliquer les loix de cette inflèxion, il faut connoître quelques termes dont ſe ſervent les auteurs. 1°. La ſurface *AB*, qui diſtingue les deux milieux, celui d'où le rayon vient, & celui où il entre, eſt nommée *ſurface réfringente*. 2°. Le rayon *PC*, qui y tombe, s'appelle *rayon incident*; & 3°. le rayon *CR* ou *CS*, qui tient dans l'autre milieu une route diférente de *CQ*, ſe nomme *rayon rompu*. Et, ayant tiré ſur la ſurface *AB* la ligne perpendiculaire *ECF*, on nomme 4°. *angle d'incidence*, celui *PCE*, que fait le rayon incident *PC* avec la ligne perpendiculaire *EC*; & 5°. *angle de réfraction* celui *RCF* ou *SCF* que fait le rayon rompu *CR* ou *CS* avec la perpendiculaire *CF*. Donc, à cauſe de la réfraction, l'angle de réfraction n'eſt pas égal à l'angle d'in-

cidence PCE: car prolongeant la ligne PC en Q, les angles PCE & FCQ ſont oppoſés par la pointe, & par conſéquent égaux entr'eux, comme V. A. s'en ſouviendra encore parfaitement. C'eſt donc l'angle QCF qui eſt égal à l'angle d'incidence PCE, ainſi l'angle de réfraction RCF ou SCF eſt plus petit ou plus grand. Il n'y a donc que deux cas qui peuvent avoir lieu, l'un, où le rayon rompu étant CR, l'angle de réfraction RCF eſt plus petit que l'angle d'incidence PCE; & l'autre, où le rayon rompu étant CS, l'angle de réfraction SCF eſt plus grand que l'angle d'incidence PCE. Dans le premier cas, on dit que le rayon CR s'approche de la perpendiculaire CF; & dans l'autre, que le rayon rompu CS s'écarte ou s'éloigne de la perpendiculaire. Il faut donc voir, lorſque l'un ou l'autre cas a lieu, ce qui dépend de la diverſité des deux milieux, ſelon que l'un ou l'autre eſt plus denſe ou plus rare, ou ſelon que les rayons paſſent plus ou moins difficilement au travers de chacun d'eux. Pour cet effet, il faut remarquer que l'éther eſt le milieu le plus rare par lequel les rayons paſſent ſans aucune difficulté. Enſuite les autres milieux tranſparens les plus communs tiennent cet ordre: l'air, l'eau & le verre; enſorte que le verre eſt un milieu plus denſe que l'eau, l'eau que l'air, & l'air que l'éther. Cela poſé, on n'a qu'à obſerver ces deux règles générales: 1°. Quand les rayons paſſent d'un milieu moins denſe dans un autre plus denſe, le rayon rom-

pu s'approche plus de la perpendiculaire; c'eſt le cas où le rayon incident étant *PC*, le rayon rompu eſt *CR*. 2°. Lorſque les rayons paſſent d'un milieu plus denſe dans un autre moins denſe, le rayon rompu s'éloigne de la perpendiculaire; c'eſt le cas où le rayon incident étant *PC*, le rayon rompu eſt *CS*. Or cette inflèxion eſt d'autant plus grande, que les deux milieux ſont diférens par rapport à leur denſité. Ainſi les rayons, en paſſant de l'air dans le verre, ſouffrent une plus grande réfraction, que lorſqu'ils paſſent de l'air dans l'eau; cependant, dans l'un & l'autre cas, les rayons rompus s'approchent de la perpendiculaire. Pareillement, les rayons paſſant du verre dans l'air, ſouffrent une plus grande réfraction, que lorſqu'ils paſſent de l'eau dans l'air; mais dans ces cas le rayon rompu s'écarte de la perpendiculaire. Enfin il faut auſſi remarquer, que la diférence entre l'angle d'incidence & l'angle de réfraction eſt d'autant plus grande, que l'angle d'incidence eſt grand, ou que, plus le rayon incident s'écarte de la perpendiculaire, plus l'inflèxion du rayon, ou la réfraction, ſera grande. Il y règne un certain rapport qu'on détermine par la géométrie; mais il n'eſt pas néceſſaire d'entrer dans ce détail. Ce que je viens de dire ſuffit pour l'intelligence de ce que j'aurai l'honneur de propoſer à V. A.

le 22 de Juillet 1760.

LETTRE XXXI.

V. A. a vu, que quand un rayon de lumiére paſſe obliquement d'un milieu tranſparent dans un autre, il ſouffre une inflèxion qu'on nomme réfraction, & que la réfraction dépend tant de l'obliquité d'incidence, que de la diverſité des milieux, comme j'ai eu l'honneur de l'expliquer aſſez amplement. A-préſent je dois faire remarquer à V. A. que la diverſité des couleurs cauſe auſſi une petite variété dans la réfraction; ce qui provient ſans-doute de ce que les rayons des diverſes couleurs renferment des nombres diférens de vibrations rendues en même tems, & qu'ils difèrent entr'eux de la même maniére que les ſons plus ou moins hauts. Ainſi on obſerve que les rayons rouges ſouffrent la moindre inflèxion ou réfraction; après eux ſuivent dans l'ordre, les rayons oranges, les jaunes, les verds, les bleus & les violets; deſorte que les rayons violets ſouffrent la plus grande réfraction, bien entendu lorſque l'obliquité d'incidence eſt la même, & les milieux auſſi. De-là, on dit que les rayons des diverſes couleurs ſont aſſujettis à une diverſe réfrangibilité, que les rouges ſont les moins réfrangibles, & les violets le plus.

Donc ſi *Tab. I. fig.* 10. *P C* eſt un rayon qui paſſe, par éxemple, de l'air dans le verre, l'angle d'incidence étant *P C E*, le rayon rompu

s'approchera de la perpendiculaire *CF*; & ſi le rayon étoit rouge, le rompu ſeroit *C-rouge*; s'il étoit orange, le rompu ſeroit *C-orange*, & ainſi des autres, comme on voit dans la figure. Tous ces rayons s'écartent de la ligne *CQ*, qui eſt la continuation de *PC*, vers la perpendiculaire *CF*; mais le rayon rouge s'écarte le moins de *CQ*, ou ſouffre la moindre inflèxion; & le violet s'écarte le plus de *CQ*, & ſouffre la plus grande inflèxion. Or ſi *PC* eſt un rayon du ſoleil, il produit à la fois tous les rayons colorés, indiqués dans la figure; & ſi l'on y tient un papier blanc, on y voit en effet toutes ces couleurs, d'où l'on dit que chaque rayon du ſoleil renferme à la fois toutes les couleurs ſimples. La même choſe arrive ſi *PC* eſt un rayon blanc, ou qu'il vienne d'un corps blanc. On en voit naître, par la réfraction, toutes les couleurs: d'où l'on conclud que la couleur blanche eſt un mêlange de toutes les couleurs ſimples, comme j'ai déja eu l'honneur de dire à V. A. En effet on n'a qu'à réunir tous ces rayons colorés dans un ſeul point, & on verra renaître la couleur blanche. C'eſt de-là que nous apprenons, quelles ſont les couleurs véritablement ſimples. La réfraction nous les découvre inconteſtablement. Selon l'ordre de la réfraction, ce ſont 1°. la couleur rouge, 2°. l'orange, 3°. la jaune, 4°. la verte, 5°. la bleue, 6°. la violette. Mais il ne faut pas penſer, qu'il n'y en ait que ſix; car puiſque la nature de chacune con-

ſiſte dans un certain nombre qui exprime celui des vibrations rendues dans un certain tems; il eſt clair que les nombres moyens donnent également des couleurs ſimples. Mais il nous manque des noms propres pour déſigner ces couleurs, car entre le jaune & le verd, on voit effectivement des couleurs moyennes, que nous ne ſaurions nommer à part. C'eſt ſur ce même principe que ſont fondées les couleurs que nous voyons dans l'arc-en-ciel. La raiſon en eſt, que les rayons du ſoleil, en paſſant par des goutes d'eau qui traverſent l'air, y ſont réflechis & réfractés, & la réfraction les décompoſe dans les couleurs ſimples. V. A. aura ſans-doute déja remarqué que ces couleurs ſe ſuivent dans le même ordre dans l'arc-en-ciel, le rouge, l'orange, le jaune, le verd, le bleu & le violet; mais nous y découvrons auſſi toutes les couleurs intermédiaires, comme des nuances d'une couleur à l'autre, & ſi nous avions plus de noms pour diſtinguer ces dégrés, nous pourrions nommer plus de couleurs diverſes, d'une extrêmité à l'autre. Une autre nation plus riche en mots y compte peut-être actuellement plus de couleurs diverſes que nous; peut-être auſſi qu'une autre en compte moins, ſi, par éxemple, elle n'a point de terme pour exprimer l'orange. Quelques-uns y ajoutent le pourpre, qu'on découvre à l'extrêmité du rouge, & que d'autres comprennent ſous le même nom de rouge.

C.	*D.*	*E.*	*F.*	*G.*	*A.*	*B.*
pourpre.	rouge.	orange.	jaune.	verd.	bleu.	violet.

On peut comparer ces couleurs avec le ſon d'une octave, comme je viens de repréſenter ici, puiſque les couleurs, auſſi bien que les ſons, peuvent s'exprimer en nombres. Il ſemble même que hauſſant davantage le violet, on revient à un nouveau pourpre, tout comme en montant dans les ſons on parvient au-delà de *B.* au ſon *c*, qui eſt une octave au-deſſus de *C.* Et comme dans la muſique on donne à ce ton le même nom, à cauſe de leur reſſemblance, il en eſt de même dans les couleurs, qui, après avoir monté par l'intervalle d'une octave, recouvrent les mêmes noms: ou bien deux couleurs, comme deux tons, dont le nombre de vibrations de l'une eſt préciſément le double de l'autre, paſſent pour la même couleur, & ont le même nom. C'eſt ſur ce principe que le pére Caſtel, en France, a voulu imaginer une eſpèce de muſique de couleurs. Il a fait un clavecin dont chaque touche, étant touchée, repréſente un morceau teint d'une certaine couleur, & il prétend que ce clavecin, étant bien joué, pourroit repréſenter un ſpectacle très-agréable aux yeux. Il le nomme clavecin oculaire, & V. A. en aura bien entendu parler. Moi je penſe que c'eſt plutôt la peinture, qui eſt, par rapport aux yeux, ce qu'eſt

la musique par rapport aux oreilles; & je doute fort que la réprésentation de plusieurs morceaux de draps teints de diverses couleurs, puisse être bien agréable.

le 27 de Juillet 1760.

LETTRE XXXII.

V. A. vient de voir, que la cause de la visibilité des objets est un mouvement de vibration extrêmement rapide, dont les moindres particules sont agitées dans leurs surfaces, & que la fréquence de ces vibrations en détermine la couleur. Il en est de même, soit que ces particules soient agitées par une force intrinsèque, comme dans les corps lumineux, ou qu'elles reçoivent leur agitation d'une illumination, ou d'autres rayons, dont elles sont éclairées, comme dans les corps opaques. Or la fréquence ou la rapidité des vibrations dépend de la grosseur de ces particules & de leur ressort, comme la rapidité des vibrations d'une corde dépend de sa grosseur & de sa tension; ainsi, tant que les particules d'un corps conservent le même ressort, elles représenteront la même couleur, comme les feuilles d'une plante conservent une couleur verte, tant qu'elles sont fraîches, mais dès qu'elles commencent à se sécher, le changement du ressort, qui en est cause,

cauſe, produit auſſi une couleur diférente. J'ai déja eu l'honneur d'entretenir V. A. là-deſſus, & je vais lui expliquer le phénomène univerſel, pourquoi le ciel nous paroît bleu de jour? En conſidérant ce phénomène groſſiérement, il nous paroît qu'il y ait là-haut une voute prodigieuſe teinte de couleur bleue, comme les peintres répréſentent le ciel ſur un plat-fond. Je n'ai pas beſoin de déſabuſer V. A. ſur ce préjugé, un peu de réflèxion ſuffit, pour comprendre que le ciel n'eſt point une voute bleue, à laquelle les étoiles ſoient affichées comme des clous lumineux. V. A. eſt plutôt convaincue, que les étoiles ſont des corps immenſes, qui ſont à des diſtances très-éloignées de nous, & qui ſe meuvent librement dans un eſpace prèſque vuide, ou qui n'eſt rempli que de cette matiére ſubtile, qu'on nomme l'éther. Et je démontrerai à V. A. que la cauſe de ce bleu du ciel doit être cherchée dans notre atmoſphère, en tant qu'elle n'eſt pas parfaitement tranſparente. S'il étoit poſſible de s'élever toujours plus haut, au-deſſus de la ſurface de la terre, l'air deviendroit d'abord de plus en plus rare, enſuite il ne ſeroit plus propre à entretenir notre reſpiration, & ſe perdroit enfin tout-à-fait, alors on ſe trouveroit dans l'éther pur. Auſſi le mercure, dans le baromètre, en montant ſur de hautes montagnes, deſcend-il de plus en plus, l'atmoſphère devenant plus légère; on remarque alors auſſi, que cette couleur bleue brillante du ciel devient

plus foible ; & si l'on pouvoit monter jusques dans l'éther pur, elle s'évanouïroit tout-à-fait ; en regardant en haut on n'y verroit rien du tout, & le ciel paroîtroit noir, comme de nuit. Car, où nul rayon de lumiére ne parvient jusqu'à nous, tout nous paroît noir. On a donc bien raison de demander pourquoi le ciel nous paroît bleu? Ce phénomène ne pourroit pas avoir lieu, si l'air étoit au milieu parfaitement transparent comme l'éther, nous ne recevrions alors d'en-haut d'autres rayons que ceux des étoiles, mais la clarté du jour est si grande, que la petite lumiére des étoiles nous devient insensible; comme V. A. ne verroit pas la flamme d'une bougie pendant le jour, lorsqu'elle est assez éloignée, pendant que la même flamme paroît de nuit fort brillante à des distances beaucoup plus grandes encore. Ce qui prouve clairement, qu'il faut chercher la cause du bleu du ciel dans le défaut de la transparence de l'air. L'air est chargé de quantité de petites particules, qui ne sont pas tout-à-fait transparentes, mais qui, éclairées par les rayons du soleil, en reçoivent un mouvement de vibration, qui produit de nouveaux rayons propres à ces particules ; ou bien ces particules sont opaques, & étant éclairées nous deviennent visibles elles-mêmes. Or la couleur de ces particules est bleue, & voilà l'explication du phénomène ; c'est que l'air contient quantité de petites particules bleues ; ou l'on peut dire, que les plus petites particules sont bleuâtres,

mais d'un bleu extrêmement délié, qui ne devient ſenſible que dans une maſſe d'air énorme. Ainſi nous n'appercevons rien de ce bleu dans une chambre; mais quand tous les rayons bleuâtres de toute l'atmoſphère pénètrent à la fois dans nos yeux, quelque déliée que ſoit la couleur de chacun, leur totalité peut produire une couleur très-foncée. Cela ſe confirme par un autre phénomène, qui ne ſera pas inconnu à V. A. En regardant de près une forêt elle paroît bien verte, mais quand on s'en éloigne, elle paroîtra toujours plus bleuâtre. Les forêts des montagnes du Hártz, qu'on voit à Magdebourg, paroiſſent aſſez bleues, quoiqu'en les regardant de Halberſtadt, elles ſoient vertes: la grande étendue de l'air entre Magdebourg & ces montagnes en eſt la raiſon. Quelque déliées ou rares que ſoient les particules bleuâtres de l'air, il y en a une très-grande quantité dans cet intervalle, dont les rayons entrent conjointement dans les yeux, & y repréſentent par conſéquent une couleur bleue, aſſez foncée. Nous remarquons un phénomène ſemblable dans un brouillard, où l'air eſt chargé de quantité de particules opaques, qui ſont blanchâtres. En ne regardant qu'à une petite diſtance, à peine s'apperçoit-on du brouillard; mais lorſque la diſtance eſt grande, la couleur blanchâtre devient très-ſenſible, & même au point qu'on ne voit plus rien à travers. L'eau de la mer paroît verte à une certaine profondeur, mais elle eſt aſſez claire quand on rem-

plit un verre. La raiſon eſt viſiblement la même. Cette eau eſt chargée de quantité de particules verdâtres, dont une petite quantité ne produit aucun effet ſenſible ; mais dans une grande étendue, quand on regarde dans la profondeur, tant de rayons verdâtres joints enſemble produiſent une couleur foncée.

le 27 de Juillet 1760.

LETTRE XXXIII.

TANT que les rayons, cauſés par la vibration rapide des moindres particules d'un corps, ſe meuvent dans le même milieu tranſparent, ils conſervent la même direction, ou ſe repandent en tout ſens ſelon des lignes droites. On ſe repréſente ces rayons comme ceux d'un cercle, ou plutôt d'une ſphère, qui, partant d'un centre, s'étendent vers la circonférence; & c'eſt à cauſe de cette reſſemblance, qu'on ſe ſert du même nom de rayon, quoiqu'à proprement parler, la lumiére ne conſiſte pas en des lignes, mais en des vibrations très-rapides, qui ſe continuent ſelon des lignes droites: &, par cette raiſon, on peut enviſager la lumiére comme des lignes droites, ſortant du point lumineux en tout ſens.

Soit *C Tab. I. fig.* 11. un point lumineux, qui répand ſa lumiére en tout ſens. Que V. A.

ſe repréſente deux ſphères décrites autour du centre *C*, & la lumiére, qui ſe répand par la ſurface de la petite ſphère *abde*, ſera auſſi répandue par la ſurface de la grande ſphère *ABDE*. Il faut donc que la lumiére, ſur la grande ſphère *ABDE*, ſoit plus déliée & plus foible que ſur la petite *abde*, d'où l'on comprend que l'effet de la lumiére doit être d'autant plus petit qu'on eſt plus éloigné du point lumineux. Si nous ſuppoſons que le rayon de la grande ſphère eſt le double de celui de la petite, la ſurface de la grande ſphère ſera deux fois deux, ou quatre fois plus grande. Donc, puiſque c'eſt la même quantité de lumiére qui eſt répandue par la ſurface de la grande ſphère & par celle de la petite, il s'enſuit que la lumiére, à une diſtance double, eſt quatre fois plus foible; à une diſtance triple, 9 fois; à une diſtance quadruple, 16 fois & ainſi de ſuite; or 9 eſt 3 fois 3, & 15 eſt 4 fois 4: donc à une diſtance 10 fois plus grande, la lumiére eſt 10 fois 10, c'eſt-à-dire, 100 fois plus foible. Si nous appliquons cela à la lumiére du ſoleil, nous apprenons, que ſi la terre étoit deux fois plus éloignée du ſoleil, la lumiére ou la clarté du ſoleil deviendroit quatre fois plus foible; & ſi le ſoleil étoit 100 fois plus éloigné de nous, ſa clarté ſeroit 100 fois 100, c'eſt-à-dire, 10000 fois plus petite. Si nous ſuppoſons donc, qu'une étoile fixe ſoit auſſi grande & auſſi lumineuſe que le ſoleil, mais qu'elle ſoit 400,000 fois plus éloi-

gnée de nous que le ſoleil, ſa lumiére ſera 400,000 fois 400,000 ou bien 160,000,000,000 fois plus foible que celle du ſoleil: d'où l'on voit que la lumiére d'une ſeule étoile fixe n'eſt rien par rapport à celle du ſoleil; & c'eſt pourquoi nous ne voyons point les étoiles pendant le jour, une petite lumiére s'évanouïſſant toujours auprès d'une autre incomparablement plus brillante. Il en eſt de même des chandelles & de tous les corps lumineux, qui nous fourniſſent d'autant moins de clarté, qu'ils ſont plus éloignés de nous; & V. A. aura déja remarqué que, quelque forte que ſoit une lumiére, ſa clarté ne ſuffit plus pour lire dans un livre ſi l'on s'en éloigne beaucoup; & il eſt encore une autre circonſtance liée étroitement avec celle que je viens de rapporter, ſavoir, que le même objet nous paroît plus petit, quand il eſt plus éloigné de nous. Un géant, à une grande diſtance, ne paroît pas plus grand qu'un nain de près. Pour en mieux juger on a égard à des angles.

Ainſi ſuppoſons, *Tab. I. fig.* 12. que *AB* ſoit un objet, par éxemple un homme, & qu'un œil le regarde du point *C*. On tire de ce point des lignes droites *AC* & *BC*, qui repréſentent les rayons extrêmes qui parviennent de l'objet dans l'œil, & l'on nomme l'angle formé en *C*, l'angle viſuel de l'objet vu en *C*. Si l'on regardoit le même objet plus près en *D*, l'angle viſuel *D* ſeroit ſans-doute plus grand: d'où l'on voit, que plus le même objet eſt éloigné,

plus ſon angle viſuel eſt petit; & plus il nous approche, plus l'angle viſuel devient grand. Les aſtronomes meſurent très-ſoigneuſement les angles viſuels, ſous leſquels nous voyons les corps céleſtes, & ils trouvent que l'angle viſuel du ſoleil ſurpaſſe tant ſoit peu la moitié d'un dégré. Si le ſoleil étoit deux fois plus éloigné de nous, ſon angle viſuel ſe réduiroit à la moitié; d'où il ne ſeroit pas ſurprenant qu'il nous fournit quatre fois moins de clarté. Et ſi le ſoleil étoit 400,000 fois plus éloigné de nous, ſon angle viſuel deviendroit autant de fois plus petit, & ne paroîtroit pas plus grand qu'une étoile. Il faut donc bien diſtinguer la grandeur vue d'un objet, de ſa véritable grandeur: la grandeur vue ou apparente eſt toujours un angle plus ou moins grand, ſelon qu'il eſt plus ou moins proche de nous. Ainſi la grandeur du ſoleil apparente en vue eſt un angle d'environ un demi dégré, pendant que ſa véritable grandeur ſurpaſſe pluſieurs fois la terre tout entiére; car le ſoleil étant un globe, on eſtime ſon diamêtre de 172000 milles d'Allemagne, pendant que le diamètre de la terre n'eſt que de 1720 milles.

le 29 Juillet 1760.

LETTRE XXXIV.

Ce que j'ai eu l'honneur de propoſer à V. A. ſur le phénomène de la viſion, appartient à l'optique, qui eſt une partie des mathématiques & qui tient auſſi un rang fort conſidérable dans la phyſique. Outre les couleurs, dont j'ai tâché d'expliquer la nature, on y traite la doctrine de l'angle viſuel; & V. A. aura déja remarqué, que le même objet peut être vu, tantôt ſous un grand angle viſuel, tantôt ſous un petit, ſelon qu'il eſt proche, ou éloigné de nous. Je dis de plus, qu'un petit objet peut être vu ſous le même angle qu'un grand, lorſque celui-là eſt fort près & celui-ci fort éloigné : on peut tenir une aſſiette de maniére qu'elle nous couvre le ſoleil tout entier; vu qu'une aſſiette d'un demi-pied, à une diſtance de 54 pieds, nous couvre éxactement le ſoleil & eſt vue ſous le même angle viſuel que le ſoleil ; or quelle prodigieuſe diférence entre la grandeur d'une aſſiette & celle du ſoleil? La pleine lune nous paroît à-peu-près ſous le même angle viſuel que le ſoleil, & par conſéquent à-peu-près auſſi grande, quoique le ſoleil ſoit beaucoup plus grand que la lune; mais il faut conſidérer, que le ſoleil eſt près de 400 fois plus éloigné de nous que la lune.

L'angle viſuel eſt un article d'autant plus important en optique, que les images, dont les

objets ſe peignent ſur le fonds de l'œil, en dépendent. Plus l'angle viſuel eſt grand ou petit, plus l'image peinte au fonds de l'œil eſt grande ou petite. Et comme nous ne voyons les objets hors de nous, qu'autant que leurs images ſont peintes ſur le fonds de l'œil, elles conſtituent l'objet immédiat de la viſion ou de la ſenſation. Donc une image repréſentée ſur le fonds de l'œil ne nous donne à connoître que trois choſes : Premiérement ſa figure & ſes couleurs nous portent à juger, qu'il y a hors de nous un objet ſemblable, d'une telle figure & de telle couleur; en ſecond lieu, ſa grandeur nous fait connoître l'angle viſuel ſous lequel l'objet nous paroît; & enfin ſa place ſur le fonds de l'œil nous fait ſentir en quelle direction l'objet ſe trouve hors de nous, à gauche ou à droite, en haut ou en bas, ou bien nous en connoiſſons la direction d'où les rayons viennent dans nos yeux. C'eſt dans ces trois choſes que toute la viſion eſt contenue, & nous ne ſentons que 1°. la figure avec les couleurs, 2°. l'angle viſuel ou la grandeur apparente, & 3°. la direction ou le lieu vers lequel nous jugeons que l'objet éxiſte. Or la viſion ne nous découvre rien ni ſur la véritable grandeur des objets, ni ſur leurs diſtances. Quoiqu'on s'imagine ſouvent de voir la grandeur & la diſtance de quelqu'objet, ce n'eſt pas un acte de la viſion, mais du jugement; les autres ſens, & une longue habitude nous mettent en état de juger à quelle diſtance un objet ſe

trouve de nous. Mais cette faculté ne s'étend qu'aux objets qui nous ſont aſſez proches. Dès qu'ils ſont fort éloignés, notre jugement n'a plus lieu, & ſi nous voulons en haſarder un nous faiſons pour l'ordinaire un grand écart. Ainſi perſonne ne peut dire qu'il voye la grandeur ou la diſtance de la lune, & quand le peuple s'imagine que la lune eſt égale à un fromage de Suiſſe, ce n'eſt pas la viſion qui en eſt cauſe, mais un jugement fort trompeur; & par une ſuite de cette erreur il juge la diſtance de la lune moindre peut-être que d'ici à Charlottenbourg. Il eſt donc certain, que les yeux, ou la ſeule viſion, ne décident rien ſur la diſtance & la grandeur des objets. On allègue là-deſſus l'éxemple très-remarquable d'un homme né aveugle, auquel on a procuré la vue par une opération, lorſqu'il étoit dans un âge déja avancé. Cet homme fut d'abord ébloui; il ne diſtingua rien ſur la grandeur & la diſtance des objets, tous lui parurent ſi proches qu'il les vouloit toucher; il lui fallut bien du tems & un long éxercice, avant qu'il parvînt au véritable uſage de la vue; il lui fallut un long apprentiſſage, celui que nous faiſons pendant la plus tendre enfance, & dont nous ne nous ſouvenons plus. Nous avons appris par cet éxercice qu'un objet nous paroît diſtinct & plus clair lorſqu'il eſt plus près de nous, & nous jugeons de-là réciproquement, qu'un objet, qui nous paroît fort clair & fort diſtinct, eſt près de nous; & quand il nous paroît obſ-

cur & peu diſtinct, nous le jugeons éloigné. C'eſt ainſi que les peintres ſavent nous faire apercevoir fort clairement & diſtinctement, ſur les tableaux, les objets que nous devons juger proches, & obſcurément, ceux que nous devons juger éloignés, quoique les uns & les autres ſoient à la même diſtance de nous. Auſſi réuſſiſſent-ils ſi parfaitement que nous jugeons prêſque, que des objets que nous voyons ſur un beau tableau, les uns ſont beaucoup plus éloignés que les autres. Cette illuſion ne pourroit pas avoir lieu, ſi c'étoit la viſion qui nous découvrit la véritable diſtance & la grandeur des objets.

le 1 *d'Août* 1760.

LETTRE XXXV.

V. A. vient de voir, que la vue ſeule ne nous découvre rien ni ſur la véritable grandeur des objets, ni ſur leur diſtance; & que tout ce que nous nous imaginons voir, tant de la grandeur, que de la diſtance de quelque objet, eſt l'effet de notre jugement, & non du ſens de la viſion. Il faut bien diſtinguer ce que les ſens nous repréſentent, de ce que nous y ajoutons par notre jugement, en quoi nous nous trompons très-ſouvent. Pluſieurs philoſophes, qui ont harangué contre la juſ-

teſſe de nos ſens, & voulu prouver par-là l'incertitude de toutes nos connoiſſances, (cette ſecte eſt nommée le Scepticiſme ou le Pyrrhoniſme) confondent les propres repréſentations de nos ſens avec notre jugement. Ils diſent : nous ne voyons pas le ſoleil plus grand qu'un baſſin, quoiqu'il ſoit infiniment plus grand; donc le ſens de la vue nous trompe; donc tous les ſens nous trompent; au moins ne ſauroit-on s'y fier; donc toutes les connoiſſances que nous acquérons par le moyen des ſens ſont incertaines & probablement fauſſes; donc nous ne ſavons rien de certain. Voilà le raiſonnement de ces grands philoſophes ſceptiques, qui ſe vantent tant de leur eſprit, quoiqu'il n'y ait rien de ſi aiſé que de dire que tout eſt incertain, & que le plus grand ignorant puiſſe réuſſir très-heureuſement dans cette ſublime philoſophie. Mais il eſt faux que la vue ne nous repréſente pas le ſoleil plus grand qu'un baſſin; elle n'y décide abſolument rien; ce n'eſt que notre jugement qui nous trompe. Cependant quand les objets ne ſont pas fort éloignés de nous, nous ne nous y trompons guères, & les autres ſens, joints au dégré de clarté dont nous voyons un objet, rendent notre jugement aſſez certain ſur ſa grandeur & ſa diſtance. Or dès que nous établiſſons par notre jugement la diſtance d'un objet, nous formons auſſi celui de ſa véritable grandeur, ſachant que la grandeur apparente eſt d'autant plus grande, que

l'objet eſt plus proche de nous. De-là, plus nous jugeons un objet éloigné, plus nous l'eſtimons grand, & réciproquement, plus nous le jugeons proche, plus nous l'eſtimons petit. Lorſqu'il arrive qu'une mouche paſſe tout près de nos yeux, & que par quelque diſtraction nous la jugeons fort loin, nous la prenons pour une aigle; mais dès que nous revenons pour ainſi dire à nous mêmes, & que nous nous aviſons que l'objet étoit proche de nous, nous reconnoiſſons la mouche. La raiſon en eſt, que l'angle viſuel d'une mouche proche peut être auſſi grand que celui d'une aigle éloignée ; & que l'image au fonds de l'œil eſt la même. Il y a encore un autre phénomène très-bien connu de tout le monde, & qui a occaſionné bien des diſputes parmi les ſavans, dont il eſt à préſent aiſé de donner l'explication. Tout le monde juge la pleine lune, lorſqu'elle ſe lève, plus grande que lorſqu'elle eſt déja montée aſſez haut au ciel, quoique l'angle viſuel & la grandeur apparente ſoient les mêmes. Auſſi le ſoleil en ſe levant ou ſe couchant, paroît-il à tout le monde plus grand qu'à midi; quelle eſt donc la raiſon de ce jugement ſi général & ſi trompeur ? C'eſt ſans-doute, qu'on juge le ſoleil & la lune à l'horizon plus loin de nous, que lorſqu'ils ſont déja élevés : mais pourquoi juge-t-on de cette ſorte ? On répond ordinairement que, lorſque le ſoleil & la lune ſont à l'horizon, nous appercevons beaucoup d'objets entr'eux & nous,

qui nous ſemblent augmenter l'éloignement; au lieu que quand le ſoleil ou la lune ſont fort élevés nous ne voyons rien entr'eux & nous, & partant nous les jugeons plus près de nous. Je ne ſais pas ſi ce dénouement ſatisfera V. A. On peut objecter, qu'une chambre vuide paroît plus grande qu'une autre fort garnie de meubles, quoiqu'elle ſoit de la même grandeur : donc pluſieurs choſes vues entre un objet & nous, ne produiſent pas toujours l'effet, de nous faire juger cet objet plus éloigné. J'eſpère que V. A. trouvera celle-ci meilleure.

Que le cercle *Tab. I. fig.* 13. *A* repréſente toute la terre, & le cercle ponctué l'atmoſphère ou l'air dont la terre eſt entourée, & que nous nous trouvions au lieu *A*. Cela poſé, ſi la lune eſt à l'horiſon, les rayons parviennent à nous par la ligne *BA*, ſi elle eſt au-deſſus de nous, les rayons viennent ſelon la ligne *CA*. Dans le premier cas, les rayons traverſent dans notre atmoſphère le grand eſpace *BA*, & dans l'autre cas, le petit eſpace *CA*. Or *V. A.* ſe ſouviendra que les rayons de lumiére qui paſſent par un milieu tranſparent perdent d'autant plus de leur force, que le trajet eſt long. Donc l'atmoſphère ou l'air étant un milieu tranſparent, le rayon *BA* perd dans ſon paſſage beaucoup plus de ſa force, que le rayon *CA*. D'où il s'enſuit en général, que tous les corps céleſtes paroiſſent beaucoup moins brillans dans l'ho-

riſon, qu'au-deſſus de nous. Nous pouvons même regarder directement dans le ſoleil, lorſqu'il eſt à l'horiſon; mais dès qu'il monte à une certaine hauteur, nos yeux ne ſauroient plus ſoutenir ſon éclat. Je conclus de-là que la lune paroît plus foible à l'horiſon qu'étant élevée. Or V. A. ſe ſouviendra de la raiſon des peintures, que le même objet nous paroît plus éloigné lorſque ſa lumiére eſt affoiblie; donc la lune étant à l'horiſon doit nous paroître plus éloignée qu'à quelque hauteur. La conſéquence eſt donc manifeſte, que puiſque nous jugeons la diſtance de la lune plus grande à l'horiſon, nous devons auſſi juger la lune même plus grande; &, en général, toutes les étoiles étant près de l'horiſon nous paroiſſent plus grandes, puiſque nous les eſtimons plus éloignées.

le 3 d'Août 1760.

LETTRE XXXVI.

J'AI eu l'honneur d'expoſer à V. A. prèſque tout ce qu'on eſt accoutumé de traiter en optique. Il ne reſte plus qu'un ſeul article ſur l'ombre. V. A. connoit déja trop bien ce qu'on nomme l'ombre, pour que j'aie beſoin de m'y arrèter beaucoup. L'ombre ſuppoſe toujours deux choſes: un corps lumi-

neux, & un corps opaque qui ne tranſmet point les rayons de lumiére. Le corps opaque empêche donc, que les rayons d'un corps lumineux ne parviennent en certains lieux, derriére lui; & ces lieux où les rayons ne parviennent point, conſtituent ce qu'on appelle l'ombre du corps opaque, ou, ce qui revient au même, l'ombre comprend tous les lieux d'où l'on ne ſauroit voir le corps lumineux, puiſque le corps opaque en intercepte les rayons.

Soit *Tab. I. fig.* 14. *A* une lumiére & *BCDE* un corps opaque. Qu'on tire les rayons extrêmes *ABM*, *ADN*, qui touchent le corps opaque; il eſt évident, qu'aucun rayon de la lumiére *A* ne ſauroit pénètrer dans l'eſpace *MBEDN*; & en quelque lieu, comme *O*, de cet eſpace que ſe trouve un œil, il ne verra pas la lumiére. C'eſt cet eſpace, qui eſt l'ombre du corps opaque, & l'on voit que cet eſpace s'élargit de plus en plus, & que cette ombre s'étend à l'infini. Mais ſi la lumiére elle-même eſt d'une grande étendue, la détermination de l'ombre eſt un peu diférente. On a trois cas à conſidérer; le premier, quand la lumiére eſt plus petite que le corps opaque; le ſecond, quand elle lui eſt égale, & le troiſiéme, quand elle eſt plus grande. Le premier cas eſt le même que nous venons d'enviſager, où la lumiére étoit plus petite que le corps opaque.

Le ſecond eſt repréſenté *Tab. I. fig.* 15. où le

le corps lumineux, *A* eſt de même grandeur que le corps opaque *BCED*. Qu'on tire les derniers rayons. *ABM*, *AEN*, qui touchent le corps: & tout l'eſpace *MBEN* ſera l'ombre; & partout, dans cet eſpace, il ſera impoſſible de voir le corps lumineux. On voit de plus, que les lignes *BM* & *EN* ſont parallelles, & que l'ombre s'étend à l'infini, conſervant partout la même largeur.

Pour le troiſiéme cas *Tab. I. fig. 16.*, où le corps lumineux *AA* eſt plus grand que le corps opaque *BCED*, les derniers rayons qui touchent *ABO* & *AEO*, concourent enſemble en *O*, & l'eſpace de l'ombre *BOE* devient borné, étant pointu en *O*. Cette figure eſt nommée conique, & on dit, que l'ombre, dans ce cas, eſt conique. Ce n'eſt que dans cet eſpace, où la lumiére ne ſauroit pénétrer, & où il eſt impoſſible de voir le corps lumineux. A ce troiſiéme cas appartiennent les ombres des corps céleſtes, qui ſont beaucoup plus petits que le corps lumineux, ſavoir le ſoleil, qui les éclaire. Nous trouvons encore ici un ſujet digne de faire admirer la ſageſſe du créateur. Car ſi le ſoleil étoit plus petit que les planètes, leurs ombres ne ſeroient pas terminées, mais elles s'étendroient à l'infini, ce qui priveroit des eſpaces immenſes de l'avantage d'être éclairés du ſoleil. Mais le ſoleil ſurpaſſant tant de fois les planètes, leurs ombres ſont reſſerrées dans d'aſſez petits eſpaces, d'où la lumiére du ſoleil eſt exclue. C'eſt

ainſi que la terre & la lune jettent leurs ombres coniques; & il peut arriver que la lune ſe plonge dans l'ombre de la terre, ou tout-à-fait, ou en partie. Quand cela arrive, on dit que la lune eſt éclipſée, ou entiérement ou en partie. Dans le premier cas, on l'appelle *éclipſe totale*, dans l'autre, *éclipſe partiale* de lune. La lune jette auſſi ſon ombre, mais elle eſt plus petite que celle de la terre; cependant il peut arriver que l'ombre de la lune s'étende juſqu'à la terre, & alors ceux qui ſont privés de la lumiére du ſoleil, ſouffrent une *éclipſe du ſoleil*. Ainſi une éclipſe du ſoleil a lieu, quand la lune eſt cauſe que nous ne voyons pas le ſoleil, tout entier ou en partie. De nuit nous ne voyons plus le ſoleil, quoiqu'il n'y ait point d'éclipſe; mais nous nous trouvons alors dans l'ombre même de la terre, ce qui cauſe pour nous la plus grande obſcurité. Juſqu'ici nous n'avons conſidéré que les cas où les rayons de lumiére ſont tranſmis par des lignes droites, ce qui fait l'objet de l'optique. Or j'ai déja remarqué que les rayons de lumiére ſont quelquefois réflèchis, & quelquefois rompus ou réfractés. V. A. ſe ſouviendra que, lorſque les rayons tombent ſur une ſurface bien polie, comme celle d'un miroir, ils en ſont réflèchis; & lorſqu'ils paſſent d'un milieu tranſparent dans un autre, ils y ſouffrent une réfraction, & ſont *quaſi* rompus. De-là naiſſent deux autres ſciences. Celle qui conſidère la viſion qui ſe fait par

des rayons réflèchis, eſt nommée catoptrique; & celle qui ſe fait par des rayons rompus, ou réfractés, eſt nommée dioptrique, pendant que l'optique explique la viſion qui ſe fait par des rayons directs. J'aurai donc l'honneur de propoſer à V. A. le précis de ces deux ſciences, la catoptrique & la dioptrique; puiſqu'elles renferment des phénomênes qui ſe préſentent tous les jours, & dont il eſt fort important de ſavoir la cauſe & les propriétés. Tout ce qui regarde la viſion eſt ſans-contredit l'objet le plus digne de notre connoiſſance.

le 5 Août 1760.

LETTRE XXXVII.

La catoptrique s'occupe de la viſion qui ſe fait par des rayons réflèchis. Lorſque les rayons tombent ſur une ſurface bien polie, ils en ſont réflêchis, enſorte que les angles de part & d'autre ſont égaux entr'eux.

Pour mettre cela dans tout ſon jour, ſoit *Tab. I. fig.* 17. *AB* la ſurface d'un miroir ordinaire, & *P* un point lumineux, dont les rayons *PQ*, *PM*, *Pm*, tombent ſur le miroir. Parmi tous ces rayons, ſoit *PQ* celui qui tombe perpendiculairement ſur le miroir, & qui a cette propriété ſur tous les autres, qu'il eſt réflèchi ſur lui-même, ſuivant *QP*; de même

que ſur un billard, quand on pouſſe une bille perpendiculairement contre une bande, elle en eſt repouſſée par le même chemin. Or tout autre rayon, comme *PM*, eſt réflêchi ſur la ligne *MN*, enſorte que l'angle *AMN* ſoit égal à l'angle *BMP*, où il faut remarquer, que le rayon *PM* eſt nommé le rayon incident, & *MN* le rayon réflêchi. De la même maniére, au rayon incident *Pm*, répondra le rayon réflêchi *mn*; & par conſéquent, à cauſe de la réflêxion, le rayon *PM* eſt continué par la ligne *MN*, & le rayon *Pm*, par la ligne *mn*, deſorte qu'on a l'angle *AMN* égal à *BMP*, & l'angle *Amn*, égal à *BmP*; laquelle propriété eſt énoncée enſorte qu'on dit, que l'angle de réflêxion eſt toujours égal à celui d'incidence. J'ai déja eu l'honneur de faire remarquer cette belle propriété à V. A. mais je ferai voir à préſent quels phénomènes doivent en réſulter dans la viſion. D'abord il eſt clair, qu'un œil étant placé en *N*, recevra du point lumineux *P* le rayon réflêchi *MN*; ainſi le rayon qui y excite le ſentiment, vient dans la direction *MN*, de même que ſi l'objet *P* ſe trouvoit quelque part ſur la ligne *NM*; d'où il s'enſuit que l'œil doit voir l'objet *P* dans la direction *NM*. Pour nous éclaircir mieux là-deſſus, il faut recourir à la géométrie, & V. A. ſe rappellera avec plaiſir les propoſitions ſur leſquelles eſt fondé le raiſonnement ſuivant. Qu'on prolonge le rayon perpendiculaire *PQ* derriére le miroir, juſqu'en *R*; de-

ſorte que *Q R* ſoit égal à *PQ*, & je ferai voir, que tous les rayons réflèchis *MN* & *mn*, étant prolongés en arriére, ſe réuniſſent dans ce point. Car conſidérant les deux triangles *PQM*, & *RQM*, ils ont d'abord le côté *MQ* commun; enſuite le côté *QR* eſt égal au côté *PQ*, & enfin, puiſque l'angle *PQM* eſt droit, ſon angle de ſuite *RQM* ſera auſſi droit. Donc ces deux triangles, ayant deux côtés égaux avec l'angle intercepté, ſeront auſſi égaux, & partant l'angle *PMQ* ſera égal à l'angle *RMQ*. Or l'angle *AMN* étant oppoſé par la pointe à l'angle *RMQ*, lui eſt égal; il ſera donc auſſi égal à l'angle *PMQ*, qui eſt l'angle d'incidence; ainſi l'angle *AMN* ſera l'angle de réflèxion, comme la nature de la réflèxion l'éxige. De la même maniére, on voit que le rayon réflèchi *mn*, étant prolongé, paſſe auſſi par le point *R*; donc tous les rayons du point *P*, qui ſont réflèchis du miroir, tiennent préciſément la même route que s'ils venoient du point *R*, & produiſent par conſéquent dans l'œil le même effet que ſi l'objet *P* étoit effectivement placé derriére le miroir en *R*, ce point ſe trouvant ſur la perpendiculaire *PQR*, autant derriére le miroir, que l'objet *P* eſt en avant. De-là V. A. comprend à préſent très-diſtinctement, pourquoi les miroirs repréſentent les objets derriére eux, & pourquoi nous y voyons tous les objets de la même maniére que ſi ces objets ſe trouvoient derriére le miroir, & cela à une diſtance égale à celle dont

ils ſe trouvent devant le miroir. C'eſt ainſi que le miroir tranſporte prèſque les objets dans un autre lieu, ſans en changer l'apparence. Pour diſtinguer cet objet apparent dans le miroir, du véritable, on nomme l'objet apparent *l'image*, & on dit que les images repréſentées par les rayons réflèchis ſe trouvent derriére le miroir. Cette dénomination ſert à diſtinguer mieux les objets réels de leurs images que les miroirs nous repréſentent; & les images que nous voyons dans les miroirs, ſont parfaitement égales & ſemblables aux objets, à l'exception, que ce qu'il y a dans l'objet à gauche, paroît dans l'image à droite, & réciproquement. Ainſi un homme qui porte l'épée à gauche paroît dans le miroir portant l'épée à la droite.

Par ce que je viens de dire, il eſt toujours aiſé d'aſſigner l'image d'un objet quelconque derriére le miroir.

Car *Tab. II. fig.* 1. *AB* étant un miroir, & *EF* un objet, qui ſoit une flèche: Qu'on tire des points *E* & *F* des perpendiculaires *EG* & *FH* ſur la ſurface du miroir, & qu'on les prolonge en *e* & *f*, deſorte que $EG = eG$ & $FH = fH$, & l'image ſera *ef*, laquelle ſera égale à l'objet *EF*, puiſque la figure quadrilatère *GefH* eſt à tous égards égale à *GEFH*. On doit encore comprendre que, quand même on retrancheroit du miroir une partie comme *CB*, deſorte que *AC* fût le miroir, l'image *ef* n'en ſera point changée. Et par

conſéquent, quand le miroir n'eſt pas aſſez grand pour que les perpendiculaires *EG* & *FH* y puiſſent tomber, il faut concevoir que le plan du miroir ſoit continué, comme on continue les lignes dans la géométrie, lorſqu'on veut tirer des perpendiculaires. Or ce que je viens de dire ne regarde que les miroirs ordinaires, dont la ſurface eſt parfaitement plane. Les miroirs convèxes & concaves produiſent des effets diférens.

le 7 d'Août 1760.

LETTRE XXXVIII.

TOUT ce qui regarde la réflèxion des rayons ſe réduit comme V. A. vient de le voir, à deux choſes, dont l'une eſt le lieu de l'image que les rayons réflèchis repréſentent, & l'autre le rapport de l'image à l'objet. Dans les miroirs ordinaires ou plans, le lieu de l'image eſt derriére le miroir, à une diſtance égale à celle de l'objet qui ſe trouve devant le miroir; & l'image eſt égale & ſemblable à l'objet. C'eſt à ces deux choſes qu'il faut avoir égard, lorſque le miroir n'eſt pas plane, mais que ſa ſurface eſt convèxe ou concave, car alors l'image eſt ordinairement très-défigurée. V. A. aura déja obſervé que, lorſqu'on regarde dans une cuilliére bien polie, ſoit dans ſa ſurface

intérieure concave, ſoit dans l'extérieure convexe, on voit ſon image fort défigurée; une boule d'argent bien polie repréſente aſſez bien les objets, mais plus petits. Si la ſurface intérieure de la boule eſt bien polie, les objets y paroiſſent plus grands, ſuppoſé qu'ils n'en ſoient pas trop éloignés; car les mèmes objets pourront y paroître auſſi plus petits & renverſés, ſi on les éloigne du miroir. Il eſt inutile de prendre une boule entiére, une partie quelconque de la ſurface produit le même effet. Ces miroirs ſont nommés ſphériques, & il y en a de deux eſpèces, des convêxes & de concaves, ſelon qu'ils ſont tirés de la ſurface extérieure ou intérieure de la ſphère. Ces miroirs ſe font du mêlange de quelques métaux, ſuſceptibles d'un bon poli, au lieu que les miroirs planes ſont faits d'une table de verre, & couverts d'un côté de mercure préparé, pour procurer la réflêxion des rayons. Je commence par les miroirs convêxes.

Soit *Tab. II. fig.* 2. *ACB* un miroir, appartenant à une ſphère dont le centre ſoit en *G*. Si l'on place devant ce miroir un objet à une grande diſtance en *E*, ſon image paroîtra derriére le miroir en *D*, qui eſt au milieu du rayon de la ſphère *CG*; & cette image ſera autant de fois plus petite que l'objet, que la ligne *CD* eſt plus petite que la diſtance de l'objet *CE*. Si l'on approche l'objet *E* du miroir, ſon image s'y approchera auſſi. Tout cela ſe démontre par la géométrie, ſuppoſant

qu'un rayon incident quelconque *EM* eſt réflêchi enſorte ſelon *MN*, que l'angle *BMN* ſoit égal à l'angle *CME*. Ainſi quand l'œil eſt en *N*, recevant le rayon réflèchi *MN*, il verra l'objet *E* ſelon la direction *NM* dans le miroir en *D*; ou bien *D* ſera l'image de l'objet ſitué en *E*, mais qui ſera plus petite. Il eſt auſſi aiſé de voir, que plus la ſphère, dont le miroir fait partie, eſt petite, plus auſſi l'image en ſera diminuée.

Je paſſe aux miroirs concaves dont l'uſage eſt très-commun en pluſieurs occaſions. Soit *Tab. II. fig.* 3. *ACB* un miroir, faiſant partie d'une ſphère dont le centre eſt en *G*, & *GC* un rayon. Concevons un objet en *E*, fort éloigné du miroir, ſon image paroîtra devant le miroir en *D*, au milieu du rayon *CG*; car un rayon de lumiére quelconque *EM*, qui tombe de l'objet *E* dans le miroir au point *M*, y ſera tellement réflèchi, qu'il paſſera par le point *D*; & lorſque l'œil eſt placé en *N*, il verra l'image de l'objet en *D*, mais cette image ſera autant de fois plus petite que l'objet, que la diſtance *CD* eſt plus petite que la diſtance *CE*. Et quand on approche l'objet du miroir, l'image s'en éloigne; l'objet étant placé au centre même de la ſphère *G*, l'image ſe trouve auſſi en *G*. Si l'on approche l'objet juſqu'en *D*, l'image s'éloignera au-delà de *E* à l'infini. Mais ſi l'objet ſe trouve encore plus près entre *C* & *D*, l'image tombera derriére le miroir, & paroîtra plus grande que

l'objet. Lorſqu'on ſe regarde dans un tel miroir, ſe plaçant entre *D* & *C*, on y voit ſon viſage d'une grandeur affreuſe. Cela ſe prouve par la nature de la réflèxion, en vertu de laquelle l'angle d'incidence *EMA* eſt toujours égal à l'angle de réflèxion *CMN*. C'eſt à cette eſpèce qu'il faut rapporter les miroirs ardens; & tout miroir concave peut être employé à brûler. Cette propriété ſurprenante mérite d'être expliquée plus ſoigneuſement.

Soit *Tab. II. fig.* 4. *ACB* un miroir concave, dont le centre eſt *G*, & au lieu de l'objet, ſoit le ſoleil en *E*; ſes rayons réflèchis repréſenteront l'image du ſoleil en *D*, qui eſt le milieu de *CG*. Or la grandeur de cette image ſera déterminée par les rayons extrêmes *SC*, *SC*. Cette image du ſoleil ſera donc fort petite; & puiſque tous les rayons du ſoleil qui tombent ſur le miroir *ACB* ſont réflèchis dans cette image, ils y ſeront réunis, & auront d'autant plus de force, que l'image *D* ſera plus petite que la ſurface du miroir. Or les rayons du ſoleil, outre la force d'éclairer, ſont doués de celle d'échauffer; d'où il s'enſuit, qu'il doit ſe trouver en *D* un grand dégré de chaleur; & quand le miroir eſt aſſez grand, cette chaleur peut devenir plus forte que le feu le plus violent. En effet, par le moyen de ce miroir on brûle dans un inſtant tous les bois, & on fond même tous les métaux. Ce n'eſt que l'image du ſoleil qui produit ces effets ſurprenans. On nomme com-

munément cette image le foyer du miroir, qui tombe toujours au milieu, entre le miroir & ſon centre *G*.

Il faut bien diſtinguer les miroirs ardens des verres ardens, qui ſeront bien connus de V. A. & dont j'aurai occaſion de parler l'ordinaire prochain.

le 9 d'Août 1760.

LETTRE XXXIX.

AYANT eu l'honneur d'expoſer à V. A. les principaux phénomènes de la catoptrique, qui réſultent de la réflèxion des rayons de la lumiére, il me reſte à parler de la dioptrique, où il s'agit de la réfraction des rayons, qui ſe fait lorſque les rayons paſſent par diférens milieux tranſparens. Un rayon de lumiére ne pourſuit ſa route en ligne droite qu'autant qu'il ſe trouve dans le même milieu. Dès qu'il entre dans un autre milieu tranſparent, il change de direction, plus ou moins, ſelon qu'il y tombe plus ou moins obliquement. Il n'y a qu'un ſeul cas, où il conſerve ſa route rectiligne, qui eſt, lorſqu'il entre perpendiculairement dans l'autre milieu. Les inſtrumens qu'on conſidère principalement dans la dioptrique, ſont des verres tels qu'on met en uſage dans les lunettes & microſcopes. Ces

verres ſont ronds comme les cercles, ayant deux faces. Tout revient à la figure de ces deux faces, qui eſt plane, convèxe, ou concave: & la figure convèxe, comme la concave, fait partie d'une ſphère, dont il faut connoître le rayon, qui eſt prèſque la meſure de la convèxité & de la concavité. Cela remarqué, on a pluſieurs eſpèces de verres dioptriques.

La premiére eſpèce N°. I. *Tab. II. fig.* 5. eſt celle où les deux faces ſont planes. En coupant un cercle dans un miroir, on aura ce verre, qui ne change rien dans les objets. N°. II. a une ſurface plane & l'autre convèxe; on nomme ces verres *plano-convexes*. La troiſiéme N°. III. a une face plane & l'autre concave, & ſe nomme *plano-concaves*. La quatriéme N°. IV. eſt celle où les deux faces ſont convèxes, on les nomme *convêxo-convêxes*. La cinquiéme eſpèce N°. V. a les deux faces concaves; on nomme ces verres *concavo-concaves*. Les eſpèces N°. VI. & VII. ont une face convèxe & l'autre concave; ces verres ſont nommés *meniſques*. Tous ces verres ſe rapportent à deux claſſes, dont l'une renferme ceux où la convèxité prévaut, comme N°. II. IV. VI. & l'autre où la concavité a le deſſus, comme N°. III. V. VII. Ceux-là ſont nommés ſimplement convèxes, & ceux-ci concaves. Ces deux claſſes ſe diſtinguent par la propriété ſuivante.

Soit *Tab. II. fig. 6. AB* un verre convèxe,

qu'on expoſe à un objet *EF* fort éloigné, dont les rayons *GA*, *GC*, *GB*, tombent ſur le verre, & en y paſſant ſouffrent la réfraction, qui ſe fera enſorte que les rayons ſortis du point *G*, ſe réuniſſent par la réfraction, derriére le verre en *g*. La même choſe arrivera aux rayons qui ſortent de chaque point de l'objet. Par cette altération, tous les rayons réfractés *Al*, *Bm*, *Cn*, pourſuivront la même route que ſi l'objet étoit en *egf*, dans une renverſée, & qu'il fût autant de fois plus petit que la diſtance *Cg* eſt moindre que la diſtance *CG*. On dit donc qu'un tel verre repréſente l'objet *EF* derriére lui en *ef*, & on nomme cette repréſentation *l'image*, laquelle eſt par conſéquent renverſée & autant de fois plus petite que l'objet même, qu'elle eſt plus proche du verre que l'objet. Il eſt donc clair que, ſi le ſoleil tient lieu de l'objet, l'image repréſentée en *ef* ſera celle du ſoleil; quoique très-petite, elle ſera ſi brillante, qu'on ne ſauroit la regarder ſans être éblouï; car tous les rayons qui traverſent le verre, ſe réuniſſent dans cette image, & y éxercent leur double force d'éclairer & d'échauffer. La chaleur y eſt à-peu-près autant de fois plus grande, que la ſurface du verre ſurpaſſe la grandeur de l'image du ſoleil, qu'on nomme ſon foyer; d'où, ſi le verre eſt fort grand, on peut faire des prodiges par la force de la chaleur. Des matiéres combuſtibles, miſes au foyer de ce verre ſont brûlées dans un inſtant. Les mé-

taux y ſont fondus, & même vitrifiés; & l'on produit, par ces verres ardens, des effets beaucoup ſupérieurs à tout ce qui peut ſe faire par le feu le plus violent. La raiſon en eſt la même que celle des miroirs ardens. Dans les uns & les autres, les rayons du ſoleil, répandus ſur la ſurface entiére du miroir ou du verre, ſont réunis dans le petit eſpace de l'image du ſoleil. La ſeule diférence eſt que, dans les miroirs, cette réunion ſe fait par la réflèxion, & dans les verres, par la réfraction. C'eſt l'effet des verres convèxes, qui ſont plus épais au milieu qu'aux extrêmités, tels que j'ai repréſentés N°. II. IV. & VI. Et les verres des N°. III. V. & VII. qui ſont plus épais aux extrêmités qu'au milieu, qu'on nomme ſimplement concaves, produiſent un effet contraire.

Soit un tel verre *ACB Tab. II. fig.* 7. Si l'on expoſe à une grande diſtance l'objet *EGF*, les rayons *GA*, *GC*, *GB*, qui ſortent du point *G*, ſont tellement rompus par le verre en *l*, *m*, & *n*, comme s'ils venoient du point *g*; & un œil placé derriére le verre, comme en *m*, verra l'objet de la même maniére que s'il étoit placé debout en *egf*, mais autant de fois plus petit, que la diſtance *CG* ſurpaſſe la diſtance *Gg*. Donc, comme les verres convèxes repréſentent l'image des objets fort éloignés derriére eux, les verres concaves la repréſentent devant eux; ceux là renverſée, & ceux-ci debout. Or, dans les uns & dans les au-

tres, l'image eſt autant de fois diminuée, qu'elle eſt plus proche du verre que l'objet même. C'eſt ſur cette propriété des verres, qu'eſt fondée la conſtruction de tous les microſcopes & téleſcopes ou lunettes.

le 11 *d'Août* 1760.

LETTRE XL.

LES verres convèxes me fourniſſent encore quelques remarques, que j'aurai l'honneur de propoſer à V. A. Je parle ici en général des verres convèxes, qui ſont plus épais au milieu qu'aux extrèmités, ſoit que les deux faces ſoient convèxes, ou qu'une des deux ſoit plane & l'autre convèxe, ou même une concave & l'autre convèxe, mais que la convèxité ſurpaſſe la concavité, ou que l'épaiſſeur ſoit plus grande au milieu qu'aux extrèmités. On ſuppoſe outre cela, que les faces de ces verres ſoient travaillées d'une figure circulaire, ou plutôt ſphérique. Ces verres ont d'abord cette propriété, qu'étant expoſés au ſoleil, ils préſentent derriére eux un foyer, qui eſt l'image du ſoleil, douée de la double force d'éclairer & de brûler. La raiſon eſt que, tous les rayons qui partent d'un point du ſoleil, ſont réunis par la réfraction du verre, dans un ſeul point. La même choſe arrive,

quelqu'autre objet qu'on expoſe à ce verre; il en préſente toujours l'image qu'on voit au lieu de l'objet même. Tout cela deviendra plus clair par la figure ſuivante.

Soit *Tab. II. fig.* 8. *ABCD* un verre convêxe, devant lequel ſe trouve un objet *EGF*, dont il ſuffira de conſidérer les trois points *E*, *G*, *F*. Les rayons qui du point *E* tombent ſur le verre, ſont renfermés dans l'eſpace *AEB*; & dans la réfraction ils ſont tous réduits dans l'eſpace *AeB*, deſorte qu'ils ſont réunis dans le point *e*. De la même maniére les rayons du point *G*, qui tombent ſur le verre, rempliſſent l'eſpace *AGB*, & ceux-ci ſont réduits par la réfraction dans l'eſpace *AgB*, ſe réuniſſant au point *g*. Enfin les rayons du point *F*, qui tombent ſur le verre dans l'angle *AFB*, ſont rompus enſorte qu'ils ſe réuniſſent au point *f*. De cette maniére on aura l'image *egf*, dans une ſituation renverſée derriére le verre, & un œil placé derriére cette image, comme en *O*, ſera affecté de la même maniére que ſi l'objet ſe trouvoit en *egf*, renverſé, & autant de fois plus petit, que la diſtance *Dg* eſt plus petite que la diſtance *CG*. Pour juger du lieu de l'image *egf*, il faut avoir égard tant à la nature du verre, qu'à la diſtance de l'objet. Pour le premier, plus le verre eſt convêxe, c'eſt-à-dire, plus l'épaiſſeur du milieu *CD* ſurpaſſe celle des extrêmités, plus l'image eſt proche du verre. Pour l'autre, il faut remarquer, que ſi l'on approche l'objet *EF* du

du verre, l'image *ef* s'en éloigne, & réciproquement. L'image ne ſauroit ſe trouver plus près du verre, que lorſque l'objet en eſt fort éloigné ; elle ſe trouve alors à la même diſtance que l'image du ſoleil, qu'on nomme le foyer du verre. Donc ſi l'objet eſt fort éloigné, l'image tombe dans le foyer même, & plus on approche l'objet du verre, plus auſſi elle s'en éloigne, & cela ſelon une règle démontrée dans la dioptrique, par le moyen de laquelle on peut toujours aſſigner le lieu de l'image pour toutes les diſtances de l'objet, pourvu qu'on connoiſſe le foyer du verre, ou la diſtance à laquelle tombe l'image du ſoleil où s'exerce la force de brûler. Or cette diſtance ſe trouve aiſément par l'expérience. C'eſt de là qu'on tire la dénomination des verres ; en diſant, un tel verre a ſon foyer à la diſtance d'un pouce, un autre à la diſtance d'un pied, un autre à celle de dix pieds, & ainſi de ſuite. Les longues lunettes demandent des verres qui ayent leur foyer à une grande diſtance ; & il eſt très-difficile de faire de tels verres, qui ſoient bons. J'ai payé autrefois 150 écus pour un verre qui avoit ſon foyer à la diſtance de 600 pieds, que j'ai envoyé à l'académie de Petersbourg ; & je ſuis bien perſuadé qu'il ne valoit pas grande choſe, mais on le vouloit à cauſe de la rareté. Pour faire voir à V. A. que la repréſentation de l'image *e g f*, (dans la figure précédente) eſt

bien réelle, on n'a qu'à tenir dans ce lieu un papier blanc, dont les particules sont susceptibles de toutes espèces de vibrations, d'où dépendent les couleurs. Alors tous les rayons du point *E* de l'objet, en se réunissant au point *e*, y mettront la particule du papier, dans un mouvement de vibration semblable à celui qu'a le point *E*, & par conséquent il s'y formera la même couleur. Pareillement les points *g* & *f* auront les mêmes couleurs que les points *G* & *F* de l'objet, & on verra aussi, sur le papier, tous les points de l'objet exprimés avec leurs couleurs naturelles; ce qui représentera la plus éxacte & la plus belle peinture de l'objet. Cela réussit parfaitement dans une chambre obscure, en mettant le verre dans un trou du volet, où l'on pourra voir sur un papier blanc, tous les objets du dehors, si éxactement peints, qu'on pourra les suivre avec un crayon. Les peintres se servent de cette machine pour dessiner les paysages & les vues.

le 13 *d'Août* 1760.

LETTRE XLI.

Je suis à-présent en état d'expliquer à V. A. de quelle maniére se fait la vision dans les yeux des hommes & des animaux, ce qui, sans-doute, est la chose la plus merveilleuse que l'esprit

humain ait pu pénêtrer. Quoiqu'il s'en faille beaucoup que nous la connoissions parfaitement, le peu que nous en savons est plus que suffisant pour nous convaincre de la Toute-Puissance & de l'infinie sagesse du Créateur; & ces merveilles doivent remplir nos esprits de l'adoration la plus pure envers l'Etre suprême. Nous reconnoîtrons dans la structure des yeux des perfections que l'esprit le plus éclairé ne pourroit jamais approfondir; & le plus habile artiste ne sauroit fabriquer une machine de cette espèce, qui ne soit infiniment au-dessous de tout ce que nous découvrons dans les yeux, quand même nous lui accorderions le pouvoir de former la matiére à son gré, & le plus haut dégré de pénêtration dont un homme soit susceptible.

Je ne m'arrêterai pas ici à la description anatomique de l'œil; il me suffit de remarquer que la membrane *Tab. II. fig.* 9. d'avant *aAb* est transparente, & se nomme la *cornée*, derriére laquelle se trouve en-dedans une autre membrane *am*, *bm*, circulaire, teinte de couleurs, qu'on nomme l'iris; au milieu de laquelle est un trou *mm*, qu'on nomme la pupille, qui, au milieu de l'iris, nous paroît noire. On trouve derriére ce trou un corps *bBCa*, semblable à un petit verre ardent, parfaitement transparent, d'une substance membraneuse, qu'on nomme le cristallin. Derriére le cristallin, la cavité de l'œil est remplie d'une gelée parfaitement transparente, appellée

l'humeur vitrée. Or la cavité antérieure entre la cornée *aBb*, & le criſtallin *ab*, contient une liqueur fluide comme l'eau, qui eſt l'humeur aqueuſe. Voilà donc quatre matiéres tranſparentes, par leſquelles les rayons de lumiére qui entrent dans l'œil doivent paſſer: 1°. la cornée, 2°. l'humeur aqueuſe, entre *A* & *B*, 3°. le criſtallin *bBCa*, & 4°. l'humeur vitrée; ces quatre matiéres diférent en denſité, & les rayons paſſant de l'une à l'autre, ſoufrent une réfraction particuliére, & ſont tellement arrangées, que les rayons qui viennent d'un point de quelqu'objet, ſe réuniſſent encore au-dedans de l'œil, dans un point, & y préſentent une image. Le fonds de l'œil en *EGF* eſt tapiſſé d'un tiſſu blanchâtre, propre à recevoir les images, comme j'ai obſervé que, par le moyen d'un verre convêxe on peut répréſenter les images des objets ſur un fonds blanc. C'eſt donc conformément au même principe, que tous les objets dont les rayons entrent dans l'œil, ſe trouvent peints au naturel ſur le fonds blanchâtre de l'œil, nommé la *rétine*. Quand on prend un œil de bœuf, & qu'on ôte les parties extérieures qui couvrent la rétine, on y voit tous les objets peints ſi éxactement, qu'aucun peintre ne ſauroit les imiter. Et pour voir un objet, tel qu'il ſoit, il faut toujours que ſon image ſoit peinte au fonds de l'œil ſur la rétine, & quand, par quelque malheur, il arrive que quelques parties de l'œil ſe gâtent ou perdent leur tranſparence, on devient aveu-

gle. Mais il ne suffit pas, pour voir les objets, que leurs images soient peintes sur la rétine; il y a des personnes qui, nonobstant cela, sont aveugles; d'où l'on voit que les images peintes sur la rétine ne sont pas encore l'objet immédiat de la vision, & que la perception de notre ame se fait autre part. La rétine dont le fonds de l'œil est tapissé, est un tissu de filets des nerfs les plus subtils qui communiquent avec un grand nerf qui, venant du cerveau, entre en *O* dans l'œil, & qu'on nomme le nerf optique. Ces petits nerfs de la rétine sont agités par les rayons de lumiére, qui forment l'image au fonds de l'œil, & cette agitation est transmise par le nerf optique jusqu'au cerveau; c'est sans-doute là, que l'ame tire la perception; mais le plus adroit anatomiste n'est pas en état de poursuivre les nerfs jusqu'à leur origine, ce qui sera toujours pour nous un mystère qui renferme la liaison de notre ame avec le corps. De quelque maniére qu'on envisage cette liaison, on est obligé de la reconnoître pour le miracle le plus éclatant de la toute-puissance divine, que nous ne saurions jamais approfondir. Combien ces esprits forts, qui rejettent tout ce qu'ils ne peuvent comprendre par leurs esprits bornés, devroient être confondus par cette réflèxion!

le 15 d'Août 1760.

LETTRE XLII.

J'ESPÈRE que V. A. ſera bien aiſe de contempler avec moi, plus ſoigneuſement, les merveilles que nous pouvons découvrir dans la ſtructure de l'œil; & la pupille nous fournit d'abord un objet très-digne d'admiration. La pupille eſt ce trou noir au milieu de l'iris, ou de l'étoile, par lequel les rayons paſſent dans l'intérieur de l'œil. Plus ce trou eſt ouvert, plus il peut entrer de rayons dans l'œil, & former ſur la rétine l'image qui y paroît peinte; ainſi plus la pupille ſera ouverte, & plus cette image ſera brillante. En regardant avec ſoin l'œil de l'homme, on voit que l'ouverture de la pupille eſt tantôt plus grande & tantôt plus petite. On remarque généralement, que la pupille eſt fort reſſerrée, à l'expoſition d'un grand éclat de lumiére, & fort ouverte au contraire, dans un lieu peu éclairé. Cette variation eſt très-néceſſaire pour la perfection de la viſion. Quand nous nous trouvons dans une grande lumiére, les rayons étant plus forts, il en faut moins pour ébranler les nerfs de notre rétine, & pour lors la pupille eſt reſſerrée. Si elle étoit plus ouverte, & qu'elle admît plus de rayons, leur force ébranleroit trop les nerfs, & cauſeroit de la douleur. C'eſt pourquoi nous ne ſaurions regarder le ſoleil ſans être éblouïs, & ſans une douleur très-ſenſible dans le fonds de

l'œil. S'il nous étoit poſſible de contracter davantage la pupille, pour ne recevoir qu'une très-petite quantité de rayons, nous n'en ſerions plus incommodés ; mais la contraction de la pupille n'eſt pas en notre pouvoir. Les aigles ont cet avantage, & peuvent regarder directement le ſoleil ; auſſi a-t-on remarqué que leur pupille ſe contracte ſi fort alors, qu'elle paroît réduite à un point. Une grande clarté demandant une très-petite ouverture de la pupille, plus la clarté diminue, plus la pupille s'élargit, & s'ouvre dans l'obſcurité, au point, d'occuper prèſque tout l'iris. Si l'ouverture demeuroit auſſi petite que dans la clarté, les rayons foibles qui y entreroient, ne ſeroient pas capables d'agiter les nerfs autant que le ſentiment l'éxige. Il faut alors que les rayons entrent dans l'œil en plus grande abondance pour y produire un effet ſenſible. Si nous pouvions ouvrir la pupille davantage, nous verrions encore dans une aſſez grande obſcurité. On allègue à cette occaſion l'éxemple d'un homme qui, après avoir reçu un coup dans l'œil, eut la pupille tellement élargie, qu'il pouvoit lire & diſtinguer les moindres choſes dans la plus grande obſcurité. Les chats & pluſieurs autres animaux, qui font leurs expéditions dans les ténêbres, ont la faculté d'élargir la pupille bien plus que les hommes ; & les hiboux l'ont toujours trop ouverte pour pouvoir ſupporter un dégré de clarté médiocre. Or quand celle des hommes s'élargit ou ſe reſ-

ſerre, ce n'eſt pas un acte de leur volonté, l'homme n'étant pas maître d'ouvrir & de contracter la pupille quand il veut. Dès qu'il ſe trouve dans un endroit fort éclairé, elle ſe contracte, & ſe dilate quand il retourne dans un lieu plus obſcur; mais ce changement ne ſe fait pas dans un inſtant; il faut attendre quelques minutes, juſqu'à ce qu'elle s'accommode aux circonſtances. Ainſi V. A. aura déja remarqué, quand elle eſt paſſée ſubitement d'un grand éclat de lumiére dans un lieu obſcur, comme dans la comédie de Schuch, qu'elle n'a pu diſtinguer d'abord les perſonnes qui s'y trouvoient. La pupille étoit encore trop étroite, pour que le peu de rayons foibles qu'elle admettoit, fut capable de faire une impreſſion ſenſible; mais elle s'élargiſſoit peu-à-peu pour recevoir aſſez de rayons. Le contraire arrive lorſqu'on paſſe ſubitement d'une grande obſcurité à une vive lumiére. La pupille étant alors trop ouverte, la rétine eſt frappée trop vivement, & on ſe trouve tout-à-fait ébloui, deſorte qu'on eſt obligé de fermer les yeux. C'eſt donc une circonſtance fort remarquable, que la pupille ſe reſſerre & s'élargit, ſelon les beſoins de la viſion, & que ce changement arrive prèſque de lui-même, ſans que la volonté y ait aucune part. Les philoſophes, qui éxaminent la ſtructure & les fonctions du corps humain, ſont fort partagés ſur cet article, & il y a peu d'apparence qu'on en découvre jamais la véritable raiſon. Cependant cette

variabilité de la pupille eſt un article très-eſſentiel à la viſion, ſans lequel elle ſeroit fort imparfaite : mais nous découvrirons encore bien d'autres merveilles.

le 17 *d'Août* 1760.

LETTRE XLIII.

Le principe, ſur lequel la ſtructure de l'œil eſt fondée, eſt en général le même, que celui d'après lequel j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. la répréſentation des objets ſur un papier blanc, par le moyen d'un verre convèxe. L'un & l'autre revient à ce que tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet, ſont de nouveau réunis dans un ſeul point par la réfraction ; & il ſemble peu important, que cette réfraction ſe faſſe par un ſeul verre, ou par pluſieurs matiéres tranſparentes dont l'œil eſt compoſé. On pourroit même inférer de-là, qu'une ſtructure plus ſimple que celle de l'œil, en n'y employant qu'une ſeule matiére tranſparente, auroit fourni les mêmes avantages; ce qui ſeroit une inſtance bien forte contre la ſageſſe du Créateur, qui, ſûrement, a ſuivi dans ſes ouvrages la route la plus ſimple, en employant les moyens les plus propres. Il y a eu des eſprits forts, & il en eſt encore aſſez, qui ſe vantent que ſi Dieu, à la création, avoit

demandé leur avis, ils auroient pu lui donner de bons conſeils, & que bien des choſes ſeroient plus parfaites. Ils s'imaginent qu'ils auroient pu fournir un plan plus ſimple, & plus propre pour la ſtructure de l'œil. J'examinerai cet œil des eſprits forts, & d'après cet éxamen, V. A. verra très-clairement, que cet ouvrage ſeroit très-défectueux, & tout-à-fait indigne d'être mis en parallelle avec les ouvrages du Créateur.

L'œil de ces eſprits forts ſe réduiroit donc *Tab. II. fig.* 10. à un ſeul verre convèxe *ABCD*, que j'ai bien remarqué qui raſſemble dans un point tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet; mais cela n'eſt vrai qu'à-peu-près. La figure circulaire, qu'on donne aux faces du verre, a toujours le défaut, que les rayons qui tombent ſur ſes extrèmités, ne ſe réuniſſent pas au même point que ceux qui paſſent par le milieu. Il y a toujours une petite diférence, prèſqu'inſenſible dans les expériences, où nous recevons l'image ſur un papier blanc; mais ſi elle arrivoit dans l'œil même, elle rendroit la viſion fort confuſe. Ces gens-là diſent bien, qu'on pourroit trouver une autre figure pour les faces du verre au lieu de la circulaire, qui eut la propriété de réunir tous les rayons ſortant du point *O*, de nouveau, dans un point *R*, ſoit qu'il paſſe par le milieu du verre ou par ſes bords. Je conviens que cela ſeroit poſſible; mais ſi le verre avoit cette propriété à l'égard du point *O*, qui s'en trouve à la diſ-

tance *CO* fixe, il ne l'auroit plus pour les points plus ou moins éloignés du verre ; & quand cela feroit poffible, ce qui ne l'eft pas, il eft très-certain, qu'il perdroit cette qualité à l'égard des objets fitués à côté, comme en *T*. Auffi voit-on que, lorfqu'on répréfente les objets fur un papier blanc, quoique ceux qui fe trouvent directement devant le verre, comme en *O*, foient affez bien exprimés, ceux fitués obliquement comme en *T*, font toujours fort défigurés & confufément exprimés, ce qui eft un défaut auquel le plus habile artifte ne fauroit remédier. Mais il en eft un autre, qui n'eft pas moins confidérable. Quand j'ai parlé à V. A. des rayons de diverfes couleurs, j'ai remarqué qu'en paffant d'un milieu tranfparent dans un autre, ils fouffrent une réfraction diférente, & que les rayons rouges fouffrent la plus petite réfraction, & les violets la plus grande. Ainfi, fi le point *O* étoit rouge, & que fes rayons, en paffant par le verre *AB*, fuffent réunis au point *R*, ce feroit là le lieu de l'image rouge ; mais fi le point *O* étoit violet, la réunion des rayons fe feroit plus près du verre en *V*. Enfuite, puifque la couleur blanche eft un mèlange de toutes les couleurs fimples, un objet blanc mis en *O* formeroit plufieurs images à la fois, fituées à diverfes diftances du point *O* ; d'où réfulteroit fur la rétine une tache colorée, qui troubleroit beaucoup la répréfentation. Auffi obferve-t-on, que quand on préfente dans une chambre obfcure les objets

de dehors ſur un papier blanc, ils paroiſſent brodés des couleurs de l'arc-en-ciel; il eſt même impoſſible de rémédier à ce défaut, en n'employant qu'un ſeul corps tranſparent. On a donc remarqué, que cela ſe peut par le moyen de diférentes matiéres tranſparentes; mais la théorie ni la pratique n'ont pas encore été portées au point de perfection néceſſaire pour pouvoir éxécuter une telle conſtruction, qui remédieroit à tous ces défauts. Cependant l'œil fait par le Créateur, n'a aucune des imperfections que je viens de rapporter, ni bien d'autres encore auxquelles l'œil de l'eſprit fort ſeroit aſſujetti. La véritable raiſon, pourquoi la ſageſſe divine a employé pluſieurs matiéres tranſparentes à la formation des yeux, c'eſt donc de les affranchir de tant d'imperfections qui caractériſent les ouvrages des hommes. Quel beau ſujet à notre admiration! & que le pſalmiſte a bien raiſon de nous conduire à cette demande importante: Celui qui a fait l'œil ne verroit-il pas lui-même? & celui qui a fabriqué l'oreille n'entendroit-il point? L'œil, ſeulement, étant un chef-d'œuvre qui ſurpaſſe l'entendement humain, quelle ſublime idée devons-nous nous former de celui qui a pourvu non-ſeulement tous les hommes, mais tous les animaux, & même les plus vils inſectes de ce préſent merveilleux, au plus haut dégré de perfection!

le 19 *d'Août* 1760.

LETTRE XLIV.

L'ŒIL ſurpaſſe donc infiniment toutes les machines que l'adreſſe humaine eſt capable de produire. Les diverſes matiéres tranſparentes, dont il eſt compoſé, ont non-ſeulement un dégré de denſité capable de cauſer des réfractions diférentes, mais leur figure eſt auſſi déterminée de façon, que tous les rayons ſortis d'un point de l'objet ſont éxactement réunis dans un même point, quoique l'objet ſoit plus ou moins éloigné, ſitué devant l'œil directement ou obliquement, & que ſes rayons ſouffrent une diférente réfraction. Si l'on faiſoit le moindre changement dans la nature & la figure des matiéres tranſparentes, l'œil perdroit d'abord tous les avantages que nous venons d'admirer. Cependant les Athées ont la hardieſſe de ſoutenir que les yeux, & que le monde entier, ne ſont que l'ouvrage du haſard. Ils n'y trouvent rien qui mérite leur attention. Ils ne reconnoiſſent aucune marque de ſageſſe dans la ſtructure des yeux. Ils croyent plutôt avoir droit de ſe plaindre de leur imperfection, ne pouvant voir, ni dans l'obſcurité, ni à travers une muraille, ni diſtinguer les plus petites choſes dans les objets fort éloignés, comme dans la lune & les autres corps céleſtes. Ils crient hautement, que l'œil n'eſt pas un ouvrage fait à deſſein, qu'il eſt formé au haſard,

comme un morceau de limon qu'on rencontre dans la campagne, & qu'il étoit absurde de dire que nous avons des yeux afin que nous puissions voir, mais que plutôt ayant reçu les membres par hasard, nous en profitons autant que leur nature le permet. V. A. apprendra avec indignation de tels sentimens, qui ne sont pourtant que trop communs aujourd'hui parmi les gens qui se croyent sages tout seuls, & qui se moquent hautement de ceux qui trouvent dans le monde les traces les plus marquées d'un Créateur souverainement puissant & sage. Il est inutile de s'engager dans une dispute avec eux; ils demeurent inébranlables dans leur sentiment, & nient les vérités les plus respectables. Tant ce que dit le psalmiste est vrai, que ce n'est que les fous qui disent dans leur cœur il n'y a point de Dieu! Leurs prétentions à l'égard des yeux sont aussi absurdes qu'injustes. Rien n'est effectivement plus absurde que de vouloir voir les choses à travers des corps par lesquels les rayons de lumiére ne sauroient passer; & quant à une vue, qui put distinguer dans les étoiles les plus éloignées les plus petits objets, il faut remarquer, que nos yeux sont disposés à nos besoins; & bien loin de prétendre davantage, nous devons plutôt regarder ce merveilleux présent de l'Etre suprême avec la plus humble vénération. Au reste, afin que nous voyons les objets distinctement, il ne suffit pas que les rayons qui viennent d'un point soient réunis dans un autre

point. Il faut encore, que ce point de réunion tombe précisément sur la rétine, au fonds de l'œil; s'il tomboit en-deçà ou au-delà, la vision deviendroit confuse. Or si pour une certaine distance des objets ces points de réunion tombent sur la rétine, ceux des objets plus éloignés tombent dans l'œil avant la rétine; & ceux des objets plus proches tomberoient derriére l'œil. L'un & l'autre cas causeroit une confusion dans l'image peinte sur la rétine. Les yeux de chaque homme sont donc arrangés pour une certaine distance. Quelques-uns ne voyent distinctement que les objets fort proches de leurs yeux; ces gens sont nommés *Myopes*, on dit qu'ils ont la vue courte; d'autres qu'on nomme *Presbytes*, ne voyent distinctement que les objets fort éloignés; & ceux qui voyent distinctement les objets médiocrement éloignés, ont la vue bonne. Cependant chaque espece peut tant soit peu, par quelque compression, raccourcir ou allonger les yeux, & par ce moyen, approcher ou éloigner la rétine, ce qui les met en état de voir aussi distinctement les objets un peu plus ou moins éloignés; & c'est un grand secours pour rendre nos yeux plus parfaits, qu'on ne sauroit assurement pas attribuer à un pur hasard. Ceux qui ont la vue bonne en retirent le plus grand profit, vu qu'ils sont en état de voir distinctement les choses fort éloignées & fort proches; cependant cela ne va pas au-delà d'un certain terme, & il n'y a peut-être personne qui puisse

voir à la diſtance d'un pouce, ou même encore plus petite. Si V. A. tenoit une écriture ſi près devant les yeux, elle n'en verroit les caractères que très-confuſément. Mais je crois avoir ſuffiſamment entretenu V. A. ſur cette importante matiére, & je ſuis &c.

le 21 d'Août 1760.

LETTRE XLV.

APRÈS tout ce que j'ai dit ci-devant ſur la lumiére & les rayons, j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. d'une propriété génerale à tous les corps que nous connoiſſons, celle de la gravité ou peſanteur. On voit que tous les corps, ſolides & fluides, tombent dès qu'ils ne ſont plus ſoutenus. Quand je tiens une pierre, ſi je la lâche, elle tombe à terre, & tomberoit encore plus loin, s'il y avoit un trou dans la terre. Dans le tems même que j'écris ceci, mon papier tomberoit à terre, s'il n'étoit ſoutenu par ma table. La même choſe arrive à tous les corps que nous connoiſſons. Il n'en eſt aucun qui ne tombât à terre, dès qu'il n'eſt plus ſoutenu ou arrêté. La cauſe de ce phénomène ou de ce penchant dans tous les corps, eſt nommée leur peſanteur. Quand on dit que tous les corps ſont graves, on entend qu'ils ont un penchant à tomber, & qu'ils tomberont tous

en

en effet, dès qu'on ôte ce qui les a ſoutenus juſqu'ici. Les anciens n'ont pas aſſez connu cette propriété. Ils ont cru qu'il y avoit des corps qui, par leur nature, montent en-haut, comme la fumée & les vapeurs qui, au lieu de deſcendre, montent plutôt en-haut; & ils ont nommé ces corps légers, pour les diſtinguer des autres qui ont un penchant à tomber. Mais on a reconnu dans ces derniers tems que c'eſt l'air qui pouſſe cette matiére en-haut; car dans un eſpace vuide d'air, on ſait par le moyen de la machine pneumatique, que la fumée & les vapeurs deſcendent auſſi bien qu'une pierre, & que ces matiéres ſont par leur nature graves & peſantes comme les autres. Ainſi il leur arrive quand elles montent dans l'air, la même choſe qu'au bois qu'on enfonce ſous l'eau, qui malgré ſa peſanteur, remonte en-haut, & nage ſur l'eau dès qu'on l'abandonne, parceque le bois eſt moins peſant que l'eau, & que par une règle générale, tous les corps montent dans un fluide plus peſant qu'eux. Si l'on jette quelques morceaux de fer, de cuivre, d'argent & même de plomb dans un vaſe plein de vif-argent, ils y ſurnagent, & y étant ſubmergés ils remontent d'eux-mêmes; l'or ſeul plus peſant que le vif-argent va au fonds. Et puis il y a des corps qui montent dans l'eau ou dans un autre fluide, non-obſtant leur gravité, par la ſeule raiſon qu'ils ſont moins peſans que l'eau ou cet autre fluide, il n'eſt donc pas ſurprenant que certains corps, moins peſans que l'air, comme la

fumée ou les vapeurs y montent. J'ai déja eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que l'air eſt lui-même peſant, & que c'eſt par ſa peſanteur qu'il ſoutient le mercure dans le baromètre. Ainſi quand on dit que tous les corps ſont peſans, il faut entendre que tous les corps, ſans en excepter aucun, tomberoient en-bas dans un eſpace d'air. Je pourrois même ajouter qu'ils y tombent avec une égale rapidité; car un ducat & une plume tombent avec une égale viteſſe ſous une cloche dont on pompe l'air, comme j'en parlerai plus amplement dans la ſuite. On pourroit objecter contre cette propriété générale des corps, qu'une bombe lancée par un mortier, ne tombe pas d'abord à terre, comme une pierre que je laiſſe tomber de ma main, & qu'elle monte en l'air; inférera-t-on de là, qu'elle n'a point de peſanteur? il eſt évident de reſte, que c'eſt la force de la poudre qui pouſſe la bombe en-haut, ſans quoi elle tomberoit ſûrement à l'inſtant. Nous voyons même qu'elle ne monte pas toujours, mais que, dès que la force qui la pouſſe en haut ceſſe, elle tombe & écraſe tout ce qu'elle rencontre, ce qui eſt une preuve complette de ſa peſanteur. Quand, donc, on dit que tous les corps ſont peſans, on ne nie pas qu'ils ne puiſſent être arrêtés, ou même jettés en haut; mais cela ſe fait par des forces étrangéres, & il reſte toujours certain, que tout corps, quel qu'il ſoit, dès qu'il eſt abandonné à lui même, en repos ou ſans mouvement, tombera ſûrement

aussitôt qu'il ne sera plus soutenu. Il y a bien une cave sous ma chambre, mais mon plancher me soutient & m'empêche d'y tomber. Si mon plancher se pourrissoit subitement, & que la voute de ma cave s'écroulat en même tems, je serois infailliblement précipité dans ma cave; parceque mon corps est pesant, comme tous les autres que nous connoissons. Je dis *que nous connoissons*, car peut-être y a-t-il des corps sans pesanteur, comme ceux des anges qui apparoissoient autrefois; un tel corps ne tomberoit pas, quand même on lui ôteroit le plancher, & il marcheroit aussi facilement en-haut dans l'air, qu'ici-bas sur la terre. Ces corps, que nous ne connoissons pas, exceptés, la propriété générale de tous ceux que nous connoissons, est la pesanteur, en vertu de laquelle ils ont tous un panchant à tomber, & tombent effectivement, dès que rien ne s'oppose à leur chûte.

le 23 d'Août 1760.

LETTRE XLVI.

V. A. vient de voir que la gravité est une propriété générale de tous les corps que nous connoissons, & qu'elle consiste dans un panchant qui, par une force invincible, les pousse en bas. Les philosophes disputent beaucoup, s'il éxiste effectivement une force qui agisse d'u-

ne maniére invisible sur les corps & les pousse en bas, ou si c'est une qualité interne renfermée dans la nature même des corps, & comme un instinct naturel, qui les détermine à descendre. Cette question revient à celle-ci, si la cause de la pesanteur se trouve dans la nature même de chaque corps, ou si elle éxiste hors d'eux, ensorte que, si elle venoit à manquer, le corps cesseroit d'être pesant? ou plus simplement encore: on demande, si la cause de la pesanteur éxiste dans les corps ou hors d'eux? Avant que d'entrer dans cette dispute, il faut éxaminer plus soigneusement toutes les circonstances qui accompagnent cette pesanteur. Je remarque d'abord que, lorsqu'on soutient un corps pour empêcher qu'il ne tombe, si l'on le pose sur une table, elle éprouve la même force, avec laquelle le corps voudroit tomber; & quand on attache le corps à un fil qu'on tient suspendu, ce fil est tendu par la force qui pousse le corps en bas, c'est-à-dire, par sa pesanteur, desorte que si le fil n'étoit pas assez fort, il romproit. Nous voyons donc que tous les corps éxercent une certaine force sur les obstacles qui les soutiennent & les empêchent de tomber, & que cette force est précisément la même que celle qui feroit tomber le corps s'il étoit libre. Quand on pose une pierre sur une table, cette table en est pressée. On n'a qu'à mettre la main entre la pierre & la table, on sentira bien cette force, qui est même telle, qu'elle pourroit bien devenir assez grande pour

écraſer la main. Cette force eſt nommée le poids du corps, & il eſt clair que le poids ou la peſanteur de chaque corps ſignifient la même choſe, l'un & l'autre marquant la force dont le corps eſt pouſſé en bas, ſoit que cette force éxiſte dans le corps même, ou hors de lui. Nous avons une idée trop claire du poids des corps, pour qu'il ſoit néceſſaire de m'y arrêter davantage; je remarque ſeulement que, lorſqu'on joint deux corps enſemble, leurs poids ſont auſſi ajoutés, deſorte que le poids du compoſé eſt égal à la ſomme des poids des parties: d'où nous voyons que les poids des corps peuvent être fort diférens entr'eux. Nous avons même un moyen très-ſûr de comparer les poids des corps entr'eux, & de les meſurer éxactement à l'aide d'une balance qui a la propriété d'être en équilibre, lorſque les corps mis dans ſes deux baſſins ſont également peſans. Pour réuſſir dans cette comparaiſon, on établit une meſure fixe, qui eſt un certain poids, comme celui d'une livre, & moyennant une bonne balance, on peut peſer tous les corps, & aſſigner à chacun le nombre de livres que contient leur poids. Un corps trop grand pour entrer dans un baſſin de la balance, ſe partage, & ayant peſé chacune des parties, il ne faut qu'ajouter les poids. On pourroit trouver ainſi le poids d'une maiſon entiére, quelque grande qu'elle fut.

V. A. a bien déja remarqué qu'un petit morceau d'or pèſe autant qu'un morceau de bois

beaucoup plus grand; ce qui prouve que le poids des corps ne ſe règle pas toujours ſur leur grandeur, un corps très-petit pouvant être d'un grand poids, pendant qu'un très-grand pèſe très-peu. Chaque corps eſt donc ſuſceptible de deux meſures tout-à fait diférentes. L'une détermine ſa grandeur ou ſon étendue, qu'on nomme auſſi ſon volume, meſure qui appartient à la géométrie, où l'on apprend la maniére de meſurer la grandeur ou l'étendue des corps. L'autre maniére de les meſurer, par laquelle on définit leur poids, eſt tout-à-fait diférente, & ſert à diſtinguer la nature des diférentes matiéres dont les corps ſont formés. Que V. A. conçoive pluſieurs maſſes de diverſes matiéres, qui ſoient toutes de la même grandeur ou étendue; que chacune, par exemple, ait la figure d'un cube, dont la longueur, la largeur & la hauteur ſoient d'un pied. Un tel volume, s'il étoit d'or, pèſeroit 1330 livres; s'il étoit d'argent, 770 livres; s'il étoit de fer, 500 livres; s'il étoit d'eau, ſeulement 70 livres; & s'il étoit d'air, il ne pèſeroit que la douziéme partie d'une livre: d'où V. A. voit que les diférentes matiéres, dont les corps ſont composés, forment une diférence très-conſidérable par rapport à leur peſanteur. Pour exprimer cette diférence, on emploie certains termes qui paroîtroient équivoques, ſi on ne les entendoit pas bien. Ainſi, quand on dit que l'or eſt plus peſant que l'argent, il ne faut pas entendre qu'une livre d'or ſoit plus peſante

qu'une livre d'argent, car une livre, de quelque matiére qu'elle ſoit, eſt toujours une livre, & a toujours préciſément le même poids; mais le ſens eſt, qu'ayant deux morceaux de même grandeur, l'un d'or & l'autre d'argent, le poids de celui d'or ſurpaſſera celui d'argent. Et quand on dit que l'or eſt 19 fois plus peſant que l'eau, le ſens eſt, qu'ayant deux volumes égaux, l'un d'or & l'autre d'eau, celui qui eſt d'or aura un poids 19 fois plus grand que celui d'eau. Dans cette maniére de parler on ne dit rien du poids abſolu des corps, on n'en parle que par comparaiſon, en ſe rapportant toujours à des volumes égaux. Il n'importe pas même que ces volumes ſoient grands ou petits, mais qu'ils ſoient égaux.

le 25 d'Août 1760.

LETTRE XLVII.

La gravité ou la peſanteur nous paroît ſi eſſentielle à la nature des corps, qu'il nous eſt prèſqu'impoſſible de concevoir l'idée d'un corps qui ne ſeroit point peſant. Et cette qualité entre ſi généralement dans toutes nos entrepriſes, qu'il faut avoir égard par-tout à la peſanteur ou au poids des corps. Nous-mêmes, ſoit que nous ſoyons debout, aſſis, ou couchés, nous ſentons continuellement l'effet de la peſanteur

de notre propre corps; nous ne tomberions jamais ſi notre corps & toutes ſes parties n'étoient pas peſantes ou douées de ce panchant, qui les porte à tomber, dès qu'elles ne ſont plus ſoutenues. Notre langage même eſt règlé ſur cette propriété des corps, & nous nommons *en-bas* la direction vers laquelle ce panchant des corps eſt dirigé. Ce mot n'a pas d'autre ſignification, & ſi ce panchant tendoit vers une autre direction, nous la nommerions *en-bas*, & nous nommons la direction oppoſée *en-haut*: il faut remarquer que, lorſqu'on laiſſe tomber librement un corps, il deſcend toujours par une ligne droite, ſuivant laquelle on dit qu'il eſt dirigé en-bas; cette ligne eſt auſſi nommée *verticale*, qui eſt par conſéquent toujours une ligne droite tirée de haut en-bas; & ſi nous concevons cette ligne prolongée en-haut juſqu'au ciel, nous nommons ce point du ciel notre *Zenith*, mot arabe, qui ſignifie le point du ciel directement au-deſſus de notre tête. V. A. comprend donc qu'une ligne verticale eſt cette ligne droite par laquelle un corps tombe dès qu'il n'eſt plus ſoutenu. Quand on attache un corps à un fil qu'on tient ferme par l'autre bout, ce fil arrêté ſera tendu en ligne droite, qui ſera auſſi verticale. C'eſt ainſi que les maçons ſe ſervent d'un fil chargé d'une boule de plomb, que par cette raiſon ils nomment *à plomb*, lorſqu'ils élèvent des murailles qui doivent être verticales, afin qu'elles ne tombent point.

Tous les planchers d'une maiſon doivent être dreſſés de façon, que la ligne verticale y ſoit perpendiculaire ; & alors on dit que le plancher eſt *horiſontal*, d'où V. A. comprend qu'un plan horiſontal eſt toujours celui auquel la ligne verticale eſt perpendiculaire. Quand on eſt dans une plaine parfaite, qui n'eſt bornée par aucune montagne, les extrêmités s'en nomment *l'horiſon*, mot grec, qui déſigne le terme de notre vue ; & cette plaine répréſente alors un plan horiſontal, ainſi que la ſurface d'un lac. On ſe ſert encore d'un autre terme pour déſigner ce qui eſt horiſontal. On dit qu'une telle ſurface ou ligne eſt à *niveau*. On dit auſſi que deux points ſont à niveau, lorſque la ligne droite qui paſſe par les deux points eſt horiſontale, deſorte que la ligne verticale, ou la ligne à plomb, y ſoit perpendiculaire. Mais deux points ne ſont pas à niveau, lorſque la ligne droite tirée par ces points n'eſt pas horiſontale. Alors l'un de ces deux points eſt plus élevé que l'autre. C'eſt ce qui a lieu dans les riviéres, leur ſurface a une pente ; car ſi elle étoit horiſontale, la riviére ſeroit en repos & ne couleroit point, mais toutes les riviéres coulent toujours vers des lieux moins élevés. On a des inſtrumens par le moyen deſquels on peut découvrir ſi deux points ſont à niveau, ou ſi l'un eſt plus élevé que l'autre, & de combien. On appelle cet inſtrument *niveau*, & ſon uſage, l'art de niveller. Si V. A. vouloit faire tirer une ligne droite d'un point de ſon

appartement à Berlin, à un point pris dans ſon appartement à Magdebourg, on pourroit, par le moyen de cet inſtrument, trouver ſi cette ligne ſeroit horiſontale, ou ſi l'un des deux points ſeroit plus ou moins élevé que l'autre. Je crois que le point de Berlin ſeroit plus élevé que celui de Magdebourg. Je fonde ce ſentiment ſur le cours des riviéres de la Sprée, de la Havel & de l'Elbe. Puiſque la Sprée coule dans la Havel, il faut qu'elle ſoit plus haute; & par la même raiſon l'Elbe doit être plus baſſe que la Havel: Berlin eſt donc plus élevé que Magdebourg, c'eſt-à-dire, au rez-de-chauſſée, car ſi l'on tiroit une ligne droite du rez-de-chauſſée de Berlin au ſommet du clocher du Dôme de Magdebourg, cette ligne ſeroit peut-être horiſontale.

V. A. doit donc comprendre combien l'art de niveller eſt utile, quand il s'agit de la conduite des eaux; car puiſque l'eau ne ſauroit couler d'un lieu élevé que vers un autre qui l'eſt moins, avant que de creuſer un canal, il faut être bien aſſuré qu'une extrêmité eſt plus élevée que l'autre, ce qu'on connoît par le nivellement. En bâtiſſant une ville, il faut arranger les rues qu'elles aient une pente vers un côté, afin que l'eau s'écoule. Il n'en eſt pas ainſi dans les bâtimens, où l'on veut que les planchers des appartemens ſoient parfaitement de niveau & ſans aucune pente, parce qu'il n'y a point d'eau à faire écouler, excepté dans les écuries, où l'on donne de la pente aux plan-

chers. Les aſtronomes ſont auſſi fort attentifs ſur les planchers de leurs obſervatoires, qui doivent être parfaitement au niveau, afin de répondre à l'horiſon réel qu'on voit au ciel, la ligne verticale prolongée en haut marquant ſon zénith.

le 27 *d'Août* 1760.

LETTRE XLVIII.

V. A. n'ignore pas, que la terre a, à-peu-près, la figure d'un globe, quoique dans ces derniers tems on ait découvert que cette figure n'eſt pas parfaitement ſphérique, mais aplattie tant ſoit peu vers les poles, la diférence eſt ſi petite, qu'elle n'eſt d'aucune conſéquence pour ce que j'ai en vue. D'ailleurs les montagnes & les vallées ne dérangent pas beaucoup cette figure ſphérique, le globe étant ſi grand; que ſon diamètre eſt de 1720 milles d'Allemagne, pendant que la hauteur des plus hautes montagnes excède à peine un demi-mille.

Les anciens ont peu connu la véritable figure de la terre. La plupart l'ont regardée comme une grande maſſe *Tab. II. fig.* 11. *ABCD*; aplattie par deſſus *AB*, & couverte en partie de terre, & en partie d'eau. Selon eux cette ſeule ſurface *AB* étoit habitable; & il étoit impoſſible d'aller au-delà de *A* & *B*, qu'ils ont regardé comme les termes du monde. Lorſ-

qu'enſuite on a été convaincu, que la figure de la terre étoit à-peu-près ſphérique, & partout habitable, deſorte qu'il y avoit des endroits qui nous étoient directement oppoſés, où les habitans tournoient les pieds vers les nôtres, c'eſt de-là qu'on les nomme antipodes: ce ſentiment éprouva de telles contradictions que quelques péres de l'égliſe le regardérent comme une grande héréſie, & prononcérent anathême contre ceux qui croyoient l'éxiſtence des antipodes. On paſſeroit cependant pour ſot aujourd'hui, ſi l'on vouloit en douter, ſurtout depuis que ce ſentiment a été confirmé par les voyageurs qui ont déja fait pluſieurs fois le tour de la terre. Mais on rencontre encore dans ce ſyſtême bien des difficultés, qu'il eſt fort important de lever.

Si le cercle ci-joint *Tab. II. fig.* 12. dit-on, repréſente la terre, & que nous ſoyons en *A*, nos antipodes ſe trouveront diamètralement oppoſés à nous en *B*: donc, puiſque nous avons la tête en haut & les pieds en bas, il faut que nos antipodes aient les pieds en haut & la tête en bas, ce qui paroît fort étrange; ceux qui ont fait le tour de la terre ne s'en ſont pas apperçu dans leurs voyages, & ne ſe ſouviennent point d'avoir jamais eû la tête en bas & les pieds en haut. Or ſi l'antipode en *B* avoit la tête en haut & les pieds en bas, il toucheroit la terre de ſa tête, & marcheroit avec la tête. Dans l'embarras que cauſe ce phénomêne, quelques-uns prétendent l'expliquer par un globe

ſur la ſurface duquel on voit ſouvent marcher des mouches ou d'autres inſectes, tant en haut qu'en bas; mais ils ne conſidèrent pas que les inſectes, qui ſont au bas, s'y accrochent par leurs ongles, & qu'ils tomberoient bientôt ſans ce ſécours. D'ailleurs il faudroit que l'antipode eut des crochets à ſes ſouliers, pour s'accrocher à la terre; cependant quoiqu'il n'en ait point, il ne tombe pas plus que nous. En outre, comme nous nous imaginons d'être ſur le haut de la terre, l'antipode s'y croit également, & s'imagine que nous ſommes en-bas. Il eſt peut-être même auſſi en peine pour nous que nous le ſommes pour lui, & ne peut pas concevoir, comment nous, ayant, à ce qu'il penſe, les pieds en haut & la tête en bas, pouvons vivre & marcher ſans avoir des crochets forts à nos ſouliers. En effet ſi quelqu'un vouloit s'accrocher au plat-fond d'une ſalle avec les pieds, & laiſſer pendre ſa tête, il faudroit que les crochets de ſes ſouliers fuſſent bien forts, & malgré cela il feroit une bien triſte figure. Je ne voudrois pas être à ſa place; car je craindrois trop de me caſſer le cou, ou du moins le ſang qui ſe porteroit dans la tête me cauſeroit bien du mal. J'aimerois mieux aller dans le pays de nos antipodes, parce que je ſerois aſſuré d'y être auſſi bien qu'ici, & que je ne craindrois pas d'y paſſer mon tems ſi mal qu'étant attaché par les pieds à un plat-fond. Mais je ſuis trop vieux pour entreprendre ce voyage, qui ſeroit au moins de 2700 milles

d'Allemagne. Mais le pauvre antipode, qu'on craint tant qui ne tombe, ſi les crochets de ſes pieds venoient à manquer, où tomberoit-il, ſi le cas arrivoit? on répondroit ſans-doute, qu'il tomberoit *en-bas*; mais cet *en-bas* s'éloigneroit de plus en plus de la terre, & l'antipode ſeroit bien à plaindre, puiſqu'il ne trouveroit plus où mettre ſes pieds, & qu'il continueroit de tomber, peut-être, éternellement. Cette crainte eſt cependant ſans fondement, & jamais on n'a entendu encore que nos antipodes aient fait une chute ſi terrible en s'éloignant de plus en plus de la terre; quand ils tombent, au contraire, c'eſt comme nous, en s'approchant de la terre, & encore s'imaginent-ils tomber alors en-bas. Croire que nos antipodes ont les pieds en haut & la tête en bas, & nous les figurer comme dans une ſituation renverſée n'eſt donc qu'une illuſion, qui ne vient que de l'idée fauſſe que nous attachons aux termes *en-bas* & *en-haut*. Par-tout où nous nous trouvons ſur la terre, c'eſt *l'en-bas*, vers lequel les corps tombent; *l'en-haut* eſt le contraire. C'eſt ainſi que j'ai déja déterminé le ſens de ces termes dans ma lettre précédente, & je crois que cette idée vaut bien la peine d'être développée plus éxactement, afin de pouvoir répondre à toutes les objections qu'on fait à l'égard des antipodes, quoique je ne croie pas que V. A. ſe ſoit beaucoup miſe en peine pour eux.

le 28 d'Août 1760.

LETTRE XLIX.

QUOIQUE la surface de la terre soit raboteuse, à cause des montagnes & des vallées qui s'y trouvent, elle est cependant parfaitement applanie par tout où il y a de la mer; puisque la surface de l'eau est toujours horisontale, & que la ligne verticale, suivant laquelle les corps tombent, lui est perpendiculaire. Donc, si toute la terre étoit couverte d'eau, en quelque lieu de la terre qu'on se trouvât, la ligne verticale seroit perpendiculaire à la surface de l'eau.

Ainsi, la figure *Tab. III. fig.* 1. *ABCDEFGHI* représentant la terre, sa surface étant par-tout horisontale, au lieu *A* la ligne *aA* sera verticale, au lieu *B* la ligne *bB*, au lieu *C* la ligne *cC*, au lieu *D* la ligne *dD*, au lieu *F* la ligne *Ff* & ainsi de suite. Or, en chaque lieu, la ligne verticale détermine ce qu'on y nomme *l'en-haut* & *l'en-bas*; donc, pour ceux qui sont en *A*, le point *A* sera en-bas, & le point *a* en-haut; & pour ceux qui sont en *F*, le point *F* sera en-bas, & le point *f* en-haut, & ainsi de tous les autres lieux de la terre. Toutes ces lignes verticales *aA*, *bB*, *cC*, *dD*, &c. sont nommées aussi les directions de la gravité ou de la pesanteur, puisque, par-tout, les corps tombent suivant ces lignes, desorte qu'un corps lâché en *g* tomberoit par la ligne *gG*: d'où l'on voit que par-tout les corps doivent tomber vers la

terre, & cela perpendiculairement à la ſurface de la terre ou plutôt de l'eau s'il y en avoit. Donc, en quelque lieu de la terre qu'on puiſſe ſe trouver, puiſque les corps y tombent vers la terre, ce qu'on y nomme en-bas, ſera dirigé vers la terre, & ce qui s'éloigne de la terre nommé en-haut; & par-tout les hommes ayant les pieds poſés à terre, leurs pieds ſeront en-bas & leurs têtes en-haut. On voit donc que nos antipodes ſe trouvent dans la même ſituation que nous, & que nous aurions grand tort de leur reprocher d'avoir les pieds en-haut & la tête en-bas, car par-tout, vers la terre, c'eſt en-bas & le contraire en-haut. Si la terre étoit un globe parfait, toutes les lignes verticales *aA*, *bB*, *cC*, étant prolongées en dedans, concourroient au centre du globe *O* qu'on nomme le centre de la terre; & c'eſt pourquoi l'on dit, que les corps ont par-tout un panchant à s'approcher du centre de la terre; ainſi en quelqu'endroit qu'on ſe trouve, ſi l'on demande ce qui eſt en-bas? on répondra que c'eſt ce qui tend vers le centre de la terre. En effet ſi l'on creuſoit un trou dans la terre, en quelque lieu que ce ſoit, & qu'on continuât ſans-ceſſe ce travail en creuſant toujours en-bas, on parviendroit enfin au centre de la terre. V. A. ſe ſouviendra, que Mr. d' . . . . s'eſt ſouvent moqué de ce trou qui va juſqu'au centre de la terre, dont Mr. de Maupertuis avoit parlé. Il eſt bien vrai qu'un tel trou ne ſauroit jamais être éxécuté, parce qu'il faudroit creuſer à la

profondeur

profondeur de 860 milles d'Allemagne ; cependant il eſt permis d'en faire la ſuppoſition, pour rechercher ce qui arriveroit alors.

Suppoſons donc que ce trou *Tab. III. fig.* 2. creuſé en *A*, ſoit continué au-delà du centre de la terre *O* par toute l'épaiſſeur de la terre juſqu'à nos antipodes B, & que nous deſcendions par ce trou. Avant d'arriver au centre *O*, & étant par éxemple parvenus en *E*, le centre de la terre *O* nous paroîtra au-deſſous, & le point *A* en haut ; & ſi nous ne nous tenions bien ferme, nous tomberions vers *O*. Mais ayant paſſé au-delà du centre *O*, par éxemple en *F*, notre peſanteur tendroit vers *O*, & ce point *O*, & à plus forte raiſon le point *A*, nous paroîtront en bas, & le point *B* en haut ; ainſi ces termes d'en haut & d'en bas changeroient ſubitement de ſignification, quoique nous paſſaſſions par une ligne droite de *A* vers *B*. Tant que nous ſommes à paſſer de *A* en *O*, nous deſcendons, mais en paſſant de *O* vers *B* nous montons effectivement, puiſque nous nous éloignons du centre, notre propre peſanteur étant toujours dirigée vers le centre de la terre ; deſorte que ſi nous tombions, ſoit en *E* ou en *F*, nous tomberions toujours vers le centre de la terre. Notre antipode en *B*, qui voudroit paſſer par le trou de *B* en *A*, ſe trouveroit préciſément dans le même cas : depuis *B* juſqu'au centre *O*, il ſeroit obligé de deſcendre ; mais depuis *O* juſqu'en *A* il faudroit qu'il montât. Ces conſi-

dérations nous conduisent à établir sur la gravité ou la pesanteur des corps cette idée : que la gravité ou la pesanteur est une force avec laquelle tous les corps sont poussés vers le centre de la terre. Le même corps qui, étant en *A*, est poussé selon la direction *A O*, lorsqu'il est transporté en *B*, sera poussé par la gravité suivant la direction *B O*, qui est contraire à la premiére. Par-tout donc c'est sur la direction de la gravité que le langage règle la signification des termes *en bas*, & *en haut* ; *descendre ou monter* : puisque la gravité ou la pesanteur des corps a une influence très-essentielle sur toutes nos opérations & sur nos entreprises, & que même nos propres corps en sont animés, desorte que nous en éprouvons par-tout les effets.

le 29 *Août* 1760.

LETTRE L.

V. A. est maintenant éclaircie sur le grand article, de l'action de la gravité; savoir, que tous les corps qui se trouvent sur la terre sont poussés par-tout, par leur gravité ou pesanteur, directement vers le centre de la terre, ou perpendiculairement sur la surface de la terre, ce qu'on nomme la direction de la force de la gravité. On a raison de nommer la pesanteur

des corps une *force*, puiſque tout ce qui eſt capable de mettre un corps en mouvement, eſt appellé force. C'eſt ainſi qu'on attribue une force aux chevaux, puiſqu'ils peuvent traîner un chariot; & au courant d'une riviére, ou au vent, puiſque par leur moyen les moulins peuvent être mis en mouvement. Il n'y a donc point de doute, que la peſanteur ne ſoit une force, puiſqu'elle fait tomber les corps; auſſi ſentons-nous l'effet de cette force, par la preſſion que nous éprouvons en portant un fardeau. Or dans toute force il y a deux choſes à conſidérer: premiérement la direction ſuivant laquelle elle agit ou pouſſe les corps, & enſuite la véritable grandeur de chaque force. Quant à la peſanteur, nous ſommes ſuffiſamment éclaircis ſur ſa direction, ſachant que les corps en ſont toujours pouſſés vers le centre de la terre, ou perpendiculairement à ſa ſurface. Il reſte donc à examiner la grandeur de cette force qui rend les corps peſans. Cette force eſt toujours déterminée par le poids de chaque corps, & comme les corps difèrent beaucoup par rapport à leurs poids, ceux qui ſont plus peſans ſont auſſi pouſſés avec plus de force en bas; & le poids de chaque corps eſt toujours la juſte meſure de la force avec laquelle il eſt pouſſé en bas, c'eſt-à-dire, de ſa peſanteur. On demande ſi le même corps, tranſporté dans d'autres lieux de la terre, conſerve toujours le même poids? Je parle des corps qui ne perdent rien par éva-

poration ou exhalaiſon. Par des expériences très-certaines on a été convaincu que le même corps tranſporté vers l'équateur, devient tant ſoit peu moins peſant que ſi on le tranſportoit vers les poles de la terre. V. A. comprend aiſément qu'on ne ſauroit découvrir cette diférence par la meilleure balance; car les poids dont on ſe ſert pour peſer les corps, ſont aſſujettis à la même variation. Ainſi un poids qui pèſeroit ici 100 livres, étant tranſporté ſous l'équateur, aura bien encore le nom de 100 livres; mais ſon effort à tomber ſera un peu moindre qu'ici. On a reconnu cette variation par l'effet même de la force de peſanteur, qui eſt la chûte; & on a remarqué que le même corps, ſous l'équateur, ne tombe pas ſi vîte qu'ici. Il eſt donc certain que le même corps, étant tranſporté à diférens lieux de la terre, ſouffre quelque petit changement dans ſon poids. Rentrons à préſent dans le trou fait à travers de la terre par ſon centre, & il eſt clair qu'un corps mis dans le centre même, doit perdre toute ſa peſanteur ou ſon poids; puiſqu'il n'auroit plus aucun panchant à ſe mouvoir, vû que, par-tout ailleurs, ſon panchant eſt dirigé vers le centre de la terre. Puis donc qu'un corps, n'a plus de poids au centre de la terre, il s'enſuit qu'en deſcendant à ce centre, ſon poids ſera ſucceſſivement diminué; d'où l'on conclud qu'un corps, en pénétrant dans les entrailles de la terre, perd de ſon poids à meſure qu'il approche du cen-

tre. V. A. peut donc comprendre que la pesanteur n'est pas si nécessairement liée avec la nature de chaque corps, qu'il le semble au premier coup-d'œil; puisque non-seulement sa grandeur peut varier, mais aussi sa direction qui, en passant aux antipodes, devient même contraire.

Après avoir fait en idée le voyage jusqu'au centre de la terre, revenons à sa surface, & montons sur les plus hautes montagnes. Nous n'y remarquerons aucun changement sensible dans la pesanteur des corps, quoiqu'on ait des raisons assez fortes pour se persuader que le poids d'un corps devroit diminuer, à mesure qu'on l'éloigne de la terre. En effet on n'a qu'à s'imaginer qu'un corps, étant de plus en plus éloigné de la terre, parvienne enfin jusqu'au soleil, ou jusqu'à quelqu'étoile fixe, il seroit ridicule de prétendre, que ce corps retomberoit sur la terre, puisqu'elle n'est presque rien par rapport à ces vastes corps célestes. On doit donc conclure de-là, qu'un corps, en s'éloignant de la terre, doit souffrir une diminution dans sa pesanteur, qui deviendra de plus en plus petite, jusqu'à ce qu'enfin elle s'évanouïsse tout-à-fait. Cependant il y a des raisons qui nous prouvent, qu'en éloignant un corps jusqu'à la distance de la lune, il auroit encore quelque poids, mais qui seroit environ 3600 fois plus petit, que celui qu'il a sur la terre. Concevons que ce corps pesât 3600 livres sur la terre, personne cer-

tainement ne ſeroit capable de le ſupporter ici ; mais qu'on l'éloigne juſqu'à la diſtance de la lune, & je m'engage de l'y ſoutenir avec un doigt ; car il ne pèſera plus là qu'une livre ; & plus loin il pèſeroit encore moins. Nous connoiſſons donc que la gravité eſt une force qui pouſſe tous les corps vers le centre de la terre ; que cette force agit le plus vigoureuſement à la ſurface de la terre, & qu'elle diminue lorſqu'on s'éloigne de cette ſurface, tant en pénètrant en-dedans vers le centre, qu'en montant en haut. J'aurois encore plusieurs choſes à dire ſur ce ſujet à V. A.

le 30 Août 1760.

LETTRE LI.

V. A. vient de voir, qu'un corps étant élevé de la terre juſqu'à la hauteur de la lune, n'y auroit plus que la 3600 partie de ſon poids, ou bien qu'il y ſeroit pouſſé vers le centre de la terre avec une force 3600 fois plus petite que celle qu'il éprouve ici - bas. Cependant cette force ſuffiroit pour le faire tomber ſur la terre, dès qu'il ne ſeroit plus ſoutenu. Il eſt vrai qu'on ne ſauroit s'en convaincre par aucune expérience ; nous ſommes trop attachés à la terre pour pouvoir nous élever ſi haut ; il y a cependant un corps à

cette hauteur, c'eſt la lune; elle devroit donc ſentir cet effet de gravité, & cependant nous ne voyons pas qu'elle tombe ſur la terre. Je réponds à cela, que ſi la lune étoit en repos, elle tomberoit infailliblement, mais que le mouvement rapide, qui la porte, l'empèche de tomber. Des expériences peuvent nous convaincre de la ſolidité de cette réponſe. Une pierre lâchée de la main, ſans lui imprimer aucun mouvement, tombe d'abord, par une ligne droite, verticale; mais ſi l'on jette cette pierre en lui imprimant un mouvement à côté, elle ne tombe plus directement en bas, & ſe meut par une ligne courbe avant que d'atteindre la terre; ce qui aura lieu d'autant plus, qu'on lui aura imprimé plus de viteſſe. Un boulet de canon tiré ſelon une direction horiſontale, ne parvient à la terre que fort loin; & ſi on le tiroit d'une haute montagne il parcourroit peut-être pluſieurs milles avant que d'y arriver. Qu'on hauſſe davantage encore le canon, & qu'on augmente la force de la poudre, & le boulet ſera porté beaucoup plus loin. On pourroit pouſſer la choſe ſi loin, que le boulet ne tomberoit que chez nos antipodes, & en la pouſſant plus loin encore il pourroit arriver qu'il ne tomberoit plus du tout, mais qu'il retourneroit à l'endroit d'où il a été tiré, & feroit ainſi un nouveau tour du monde; ce ſeroit une petite lune qui feroit ſes révolutions, comme la véritable, autour de la terre. Que V. A. daigne à préſent ré-

fléchir ſur la grande hauteur de la lune, & ſur la prodigieuſe vîteſſe dont elle eſt portée. Elle ne ſera plus ſurpriſe que la lune ne tombe pas à terre, quoique pouſſée par la gravité vers ſon centre. Une autre réflèxion mettra cela dans un plus grand jour. Nous n'avons qu'à bien conſidérer le chemin que décrivent une pierre jettée obliquement, ou un boulet de canon. C'eſt toujours une ligne courbe, telle que repréſente la figure ci-jointe. *Tab. III. fig.* 3.

A eſt le ſommet d'une montagne d'où le boulet de canon a été tiré, qui après avoir parcouru le chemin *AEFB*, tombe à terre en *B*, & ce chemin eſt une ligne courbe. Je remarque donc, que ſi le boulet n'étoit pas peſant, c'eſt-à-dire, s'il n'étoit pas pouſſé vers la terre, il n'y tomberoit pas, quand même on le lâcheroit librement, puiſque la péſanteur eſt la ſeule cauſe de ſa chûte; à plus forte raiſon, étant tiré en *A*, comme la figure le préſente, il ne tomberoit jamais à terre: d'où nous voyons que c'eſt la peſanteur qui fait tomber le boulet, après lui avoir fait décrire la ligne courbe *AEFB*. Nous apprenons donc par-là, que la peſanteur cauſe la courbure du chemin *AEFB* que parcourt le boulet; d'où je conclus, que s'il n'y avoit point de peſanteur, le boulet ne décriroit pas une ligne courbe. Mais une ligne qui n'eſt pas courbe eſt néceſſairement droite; ſi donc le boulet n'étoit pas pouſſé vers la terre par

ſa peſanteur, il iroit par la ligne droite ponctuée *AC*, ſuivant laquelle il a été tiré. Cela poſé, conſidérons la lune, qui ne ſe meut aſſûrément pas ſelon une ligne droite; il faut bien puiſqu'elle ſe tient toujours à-peu-près à la même diſtance de nous, que ſon chemin ſoit courbe, & ſemblable à-peu-près au cercle qu'on décriroit autour de la terre à la diſtance de la lune. On eſt bien en droit de demander, pourquoi la lune ne ſe meut pas en ligne droite, mais la réponſe n'eſt pas difficile; car voyant que la peſanteur eſt cauſe de la courbure du chemin qu'une pierre jettée, ou un boulet de canon tiré, décrivent, il eſt très-raiſonnable de ſoutenir, que la peſanteur agit auſſi ſur la lune, en la pouſſant vers la terre, & que cette même peſanteur cauſe la courbure de ſon mouvement. La lune a donc un certain poids, elle eſt conſéquemment pouſſée vers la terre; mais ce poids eſt 3600 fois plus petit que ſi elle ſe trouvoit à la ſurface de la terre. Ce n'eſt pas ſeulement une conjecture aſſez probable, on peut aſſûrer même que c'eſt une vérité démontrée; car en ſuppoſant cette peſanteur, on eſt en état de déterminer, par les principes les plus ſolidement établis dans les mathématiques, le mouvement que la lune devroit ſuivre, & qui ſe trouve éxactement d'accord avec ſon vrai mouvement, ce qui fait la preuve la plus certaine.

le 1 *Septembre* 1760.

LETTRE LII.

La peſanteur, ou la gravité, eſt donc une propriété de tous les corps terreſtres, dont la lune participe. C'eſt la peſanteur, par laquelle la lune eſt pouſſée vers la terre, qui modère ſon mouvement, comme la peſanteur modère celui d'un boulet de canon, ou d'une pierre jettée de la main. C'eſt à Newton que nous ſommes redévables de cette découverte importante; cet Anglois auſſi grand philoſophe, qu'habile mathématicien, ſe trouvant un jour couché ſous un pommier, une pomme tomba ſur ſa tète, & lui fit faire bien des réflèxions. Il conçut bien que c'étoit la peſanteur qui avoit fait tomber la pomme, après qu'elle eut été dégagée de la branche, par le vent ou par quelqu'autre cauſe. Cette idée étoit fort naturelle, & tout payſan pouvoit faire la même réflèxion; mais le philoſophe Anglois alloit plus loin. Il faut, dit-il, que l'arbre ait été fort haut; & c'eſt ce qui lui fit former la queſtion, ſi la pomme ſeroit également tombée en bas, au cas que l'arbre eut été beaucoup plus haut, ce dont il ne pouvoit pas douter.

Mais s'il eut été ſi haut qu'il parvînt juſqu'à la lune, il ſe trouva fort embarraſſé de décider ſi la pomme tomberoit, ou non? En cas qu'elle tombât, ce qui lui paroiſſoit pour-

tant fort vraiſemblable, puiſqu'on ne ſauroit concevoir un terme dans la hauteur de l'arbre, où la pomme ceſſât de tomber, il faudroit alors qu'elle eût encore quelque peſanteur qui la pouſſât vers la terre; donc, parce que la lune ſe trouveroit au même endroit, il faudroit qu'elle fut pouſſée vers la terre par une force ſemblable à celle de la pomme. Cependant comme la lune ne lui tomba point ſur la tête, il comprit que le mouvement pourroit en être la cauſe, comme une bombe peut paſſer au-deſſus de nous ſans tomber verticalement en bas. Cette comparaiſon du mouvement de la lune avec celui d'une bombe le détermina à éxaminer la choſe plus attentivement, & aidé des ſecours de la plus ſublime géométrie, il trouva que la lune ſuivoit dans ſon mouvement les mêmes règles qu'on obſerve dans celui d'une bombe, & que s'il étoit poſſible de jetter une bombe à la hauteur de la lune & avec la même vîteſſe, la bombe auroit le même mouvement que la lune. Il a fait ſeulement cette diférence, que la peſanteur de la bombe, à cette diſtance de la terre, ſeroit beaucoup plus petite qu'ici-bas. V. A. verra par ce récit, que le commencement de ce raiſonnement du philoſophe étoit fort ſimple, & ne diféroit prèſque pas de celui d'un payſan; mais la ſuite s'eſt élevée bien au-deſſus de la portée du payſan. C'eſt donc une propriété fort remarquable de la terre, que non-ſeulement tous les corps qui ſe trou-

vent dans la terre, mais ceux qui en ſont fort éloignés, juſqu'à la diſtance même de la lune, ont une force qui les pouſſe vers le centre de la terre, & cette force eſt la peſanteur, qui diminue à meſure que les corps s'éloignent de la ſurface de la terre. Le philoſophe Anglois ne s'arrêta pas là: comme il ſavoit que les corps des planètes ſont parfaitement ſemblables à la terre, il conclut qu'aux environs de chaque planète, les corps qui s'y trouvent, ſont peſans, & que la direction de cette peſanteur tend vers le centre de cette planète. Cette peſanteur y ſeroit peut-être plus ou moins grande que ſur la terre, comme un corps d'un certain poids chez nous, tranſporté à la ſurface de quelque planète y auroit un poids plus grand ou plus petit. Enfin cette force de gravité de chaque planète s'étend auſſi à de grandes diſtances autour de chacune; & comme nous voyons que celle de Jupiter a quatre Satellites, & celle de Saturne cinq, qui ſe meuvent autour d'eux, comme la lune autour de la terre; on ne ſauroit douter que le mouvement des ſatellites de Jupiter ne ſoit modéré par leur peſanteur vers le centre de Jupiter, & celui des ſatellites de Saturne par leur peſanteur vers le centre de Saturne. Ainſi, de la même maniére que la lune ſe meut autour de la terre, & les ſatellites autour de Jupiter ou de Saturne, toutes les planètes elles-mêmes ſe meuvent autour du ſoleil; d'où le même Newton a tiré cette fa-

meuſe conſéquence, que le ſoleil eſt doué d'une pareille propriété de peſanteur, & que tous les corps qui ſe trouvent dans ſes environs, y ſont pouſſés par une force, qu'on pourroit dire peſanteur ſolaire. Cette force s'étend fort loin tout autour du ſoleil, & bien au-delà de toutes les planètes, puiſque c'eſt cette force de peſanteur, qui modère leur mouvement. Ce même philoſophe, par la force de ſon eſprit, a trouvé le moyen de déterminer le mouvement des corps, lorſqu'on connoît la force dont ils ſont pouſſés; & puiſqu'il avoit découvert les forces dont toutes les planètes ſont pouſſées, il étoit bien en état de donner une juſte deſcription de leur mouvement. En effet, avant lui, on ſe trouvoit dans une ignorance profonde ſur le mouvement des corps céleſtes; & ce n'eſt qu'à lui que nous ſommes redevables des grandes lumiéres dont nous jouïſſons à préſent en aſtronomie. V. A. ſera bien ſurpriſe des grands progrès que toutes les ſciences ont tiré d'un commencement qui fut d'abord ſi ſimple & ſi léger. Si Newton ne s'étoit pas couché ſous un pommier, & qu'une pomme ne lui fût pas tombée par haſard ſur la tête, peut-être nous trouverions-nous dans la même ignorance ſur le mouvement des corps céleſtes, & ſur une infinité d'autres phénomènes qui en dépendent. Cette matiére mérite donc tout-à-fait l'attention de V. A. & ce ſujet mérite bien que nous y revenions encore.

le 3 Septembre 1760.

LETTRE LIII.

V. A. ne doute pas que le ſyſtême de Newton n'ait fait d'abord bien du bruit, & avec raiſon; puiſqu'une découverte ſi heureuſe, & qui répandoit tant de lumiéres à la fois dans toutes les ſciences, étoit encore à faire. Il a été connu ſous pluſieurs noms qu'il eſt bon de connoître, puiſqu'on en entend parler aſſez ſouvent. On le nomme le ſyſtême de la gravitation univerſelle, parce que Newton ſoutient que non-ſeulement la terre, mais en général tous les corps céleſtes ſont doués de cette propriété, que tous les corps y ſont pouſſés par une force ſemblable à la peſanteur ou à la gravité, d'où le mot de gravitation a tiré ſon origine. Cette force eſt cependant tout-à-fait inviſible, & nous ne voyons rien qui agiſſe ſur les corps & qui les pouſſe vers la terre, moins encore vers les corps céleſtes. L'aimant vers lequel le fer & l'acier ſont pouſſés, ſans que nous puiſſions en voir la cauſe, nous préſente un phénomène prèſque ſemblable. Quoiqu'on ſoit aſſûré à préſent, que cela ſe fait par une matiére extrêmement ſubtile qui traverſe les pores de l'aimant & du fer, on peut dire cependant que l'aimant attire le fer, & que le fer en eſt attiré, pourvu que cette maniére de parler n'exclue point la véritable cauſe. On pourra donc dire auſſi, que la terre attire tous les corps

qui ſont aux environs, même à de fort grandes diſtances; & on pourra regarder la peſanteur ou la gravité des corps comme l'effet de l'attraction de la terre, qui agit même ſur la lune. De plus le ſoleil & toutes les planètes ſont doués d'une ſemblable vertu d'attraction, par laquelle tous les corps y ſont attirés. Suivant cette maniére de parler, on dit, que le ſoleil attire les planètes, & que Jupiter & Saturne attirent leurs ſatellites. De-là le ſyſtème de Newton eſt auſſi nommé ſyſtème de l'attraction. Comme il n'y a point de doute que les corps qui ſe trouvent fort près de la lune n'y ſoient auſſi pouſſés par une force ſemblable à la peſanteur, on pourra dire que la lune attire auſſi les corps voiſins; & peut-être cette attraction de la lune s'étend-elle juſqu'à la terre, quoiqu'elle ſoit ſûrement fort foible, tout comme nous avons vû que l'attraction de la terre ſur la lune eſt très conſidérablement affoiblie. Or le même philoſophe a mis cela hors de doute, en faiſant voir que le flux & le reflux de la mer, dont j'aurai occaſion de parler une autre fois, ſont cauſés par l'attraction de la lune ſur les eaux de la mer. On ne ſauroit donc plus douter, que les planètes de Jupiter & de Saturne ne ſoient réciproquement attirées par leurs ſatellites, & que le ſoleil même ne ſoit aſſujetti à l'attraction des planètes, quoique cette force ſoit extrêmement petite. C'eſt l'origine du ſyſtème de l'attraction générale, où l'on ſou-

tient avec raiſon que, non-ſeulement le ſoleil attire les planètes, mais qu'il eſt réciproquement attiré par chacune; & que même toutes les planètes éxercent leur force attractive les unes ſur les autres. Donc la terre n'eſt pas attirée par le ſoleil ſeulement, mais par toutes les autres planètes, quoique leur force ſoit prèſque inſenſible en comparaiſon de celle du ſoleil. V. A. compendra aiſément que le mouvement d'une planète, qui eſt attirée non-ſeulement par le ſoleil, mais tant ſoit peu par les autres planètes, doit être un peu diférent de celui qu'elle auroit ſi elle n'étoit attirée que par le ſoleil, & conſéquemment que les attractions des autres planètes doivent y cauſer quelque petit dérangement. Auſſi ces dérangemens ſont-ils vérifiés par l'expérience; ce qui a porté le ſyſtème de l'attraction univerſelle au plus haut dégré de certitude, & que perſonne ne ſauroit plus douter de ſa vérité. Je dois auſſi remarquer, que les comètes ſont ſoumiſes à cette loi, qu'elles ſont principalement attirées par le ſoleil, dont la force attractive modère leur mouvement, mais qu'elles éprouvent auſſi les forces attractives de toutes les planètes, ſur-tout quand elles n'en ſont pas très-éloignées: c'eſt une règle générale, comme nous le verrons dans la ſuite, que l'attraction de tous les corps céleſtes diminue dans l'éloignement, & augmente dans la proximité. Or les comètes ſont auſſi douées d'une attraction, dont les autres corps ſont attirés vers elles,

elles, & d'autant plus ſenſiblement qu'ils en approchent davantage. Lors donc que quelque comète paſſe aſſez près d'une planète, ſa force attractive peut en déranger le mouvement, comme celui de la comète eſt un peu troublé par l'attraction de la planète. Ces conſéquences ſont vérifiées par les obſervations, & on peut alléguer quelques éxemples, qui prouvent que le mouvement d'une comète a été dérangé par l'attraction des planètes, par le voiſinage deſquelles elle a paſſé, & que le mouvement de la terre & des autres planètes a déja ſouffert quelqu'attraction de la part des comètes. Les étoiles fixes étant des corps ſemblables au ſoleil, ſeront auſſi douées de force attractive, mais nous n'en ſentons aucun effet à cauſe de leur prodigieuſe diſtance.

le 5 Septembre 1760.

LETTRE LIV.

Il eſt donc conſtaté par les raiſons les plus ſolides, qu'il règne une gravitation générale dans tous les corps céleſtes, par laquelle ils ſont pouſſés ou attirés les uns vers les autres; & que cette force eſt d'autant plus grande, qu'ils ſont plus proches entr'eux. Ce fait ne ſauroit être conteſté, mais on diſpute s'il faut

l'appeller *impulſion* ou *attraction?* Quoique le nom ne change rien à la choſe: V. A. ſait que, ſoit qu'on pouſſe un chariot par derriére ou qu'on le tire par devant l'effet eſt le même: ainſi l'aſtronome uniquement attentif à l'effet de cette force, s'embaraſſe peu ſi les corps céleſtes ſont pouſſés les uns vers les autres, ou s'ils s'attirent mutuellement, comme celui qui n'éxamine que les phénomènes ne ſe met pas en peine ſi la terre attire les corps, ou ſi les corps y ſont pouſſés par quelque cauſe inviſible. Mais ſi l'on veut pénêtrer dans les miſtères de la nature, il eſt très-important de ſavoir ſi c'eſt par impulſion ou par attraction que les corps céleſtes agiſſent les uns ſur les autres; ſi c'eſt quelque matiére ſubtile & inviſible qui agit ſur les corps & qui les pouſſe les uns vers les autres, ou s'ils ſont doués d'une qualité cachée & occulte, par laquelle ils s'attirent mutuellement? Les philoſophes ſont fort partagés là-deſſus; ceux qui ſont pour l'impulſion, ſe nomment *impulſionnaires*, & les partiſans de l'attraction, *attractioniſtes*. Mr. Newton inclinoit beaucoup pour l'attraction, & tous les Anglois ſont aujourd'hui attractioniſtes fort zèlés. Ils conviennent bien, qu'il n'y a ni cordes, ni aucune des machines dont on ſe ſert ordinairement pour tirer, dont la terre puiſſe ſe ſervir pour attirer les corps à ſoi, & leur donner la peſanteur; encore moins découvrent-ils quelque choſe entre le ſoleil & la terre, dont on puiſ-

ſe croire que le ſoleil ſe ſerve pour attirer la terre. Si l'on voyoit un chariot ſuivre les chevaux, ſans qu'ils y fuſſent attelés ; & ſans qu'on vît ni corde ni autre choſe propre à entretenir quelque communication entre le chariot & les chevaux ; on ne diroit pas que le chariot fût tiré par les chevaux ; on ſeroit plutôt porté à croire, que le chariot ſeroit pouſſé par quelque force, inviſible, ou qu'il y auroit du ſortilège. Cependant Mrs. les Anglois n'abandonnent pas leur ſentiment. Ils ſoutiennent que la qualité de s'attirer mutuellement eſt propre à tous les corps, qu'elle leur eſt auſſi naturelle que l'étendue ; & qu'il ſuffit que le créateur ait voulu que tous les corps s'attiraſſent mutuellement ; pour que la queſtion ſoit réſolue. S'il n'y avoit eu que deux corps au monde, quelqu'éloignés qu'ils fuſſent l'un de l'autre, il y auroit eu d'abord une tendance de l'un vers l'autre, par laquelle ils ſe ſeroient bientôt rapprochés & réunis. Il ſuit de-là que plus un corps eſt grand ; plus ſon attraction ſur les corps eſt conſidérable ; car puiſque cette qualité eſt eſſentielle à la matiére, plus un corps en contient ; plus il éxerce de force d'attraction ſur les autres corps: Puis donc que le ſoleil ſurpaſſe conſidérablement en grandeur toutes les planètes, ſa force attractive doit être beaucoup plus grande que celle des planètes. Ils remarquent auſſi que le corps de Jupiter étant beaucoup plus grand que la terre, la force attractive qu'il éxerce

ſur ſes ſatellites eſt beaucoup plus grande que celle dont la terre agit ſur la lune. Suivant ce ſyſtème, la peſanteur des corps ſur la terre eſt le réſultât de toutes les attractions dont ils ſont attirés à toutes les parties de la terre; & ſi elle renfermoit plus de matiére qu'elle n'en a actuellement, ſon attraction deviendroit plus grande, & la peſanteur ou le poids des corps ſeroit augmenté. Mais ſi au contraire, par quelque accident, la terre perdoit une partie de ſa matiére, ſon attraction diminueroit ainſi que la peſanteur de tous les corps. On reproche à ces philoſophes que, ſelon leur ſentiment, deux corps quelconques poſés, par éxemple, ſur une table, devroient s'attirer & conſéquemment s'approcher: ils accordent la conſéquence, mais ils diſent que, dans ce cas, l'attraction ſeroit trop petite, pour qu'il en pût reſulter un effet ſenſible: car ſi toute la maſſe de la terre, par ſa force attractive, ne produit dans chaque corps que ſa peſanteur ou ſon poids, un corps qui eſt pluſieurs millions de fois plus petit que toute la terre, produira un effet autant de fois plus petit. On conviendra aiſément que ſi le poids d'un corps devenoit pluſieurs millions de fois plus petit, l'effet devroit en être réduit à rien: l'attraction ne ſauroit donc être ſenſible que pour un corps exceſſivement grand. On ne gagne donc rien de ce côté contre les attractioniſtes, qui allèguent même en leur faveur une expérience faite par les académiciens de

Paris en Amérique, ou l'on a obſervé, près d'une très-haute & grande montagne, l'effet d'une petite attraction, dont le corps de la montagne a attiré les corps voiſins. Ainſi en embraſſant le ſyſtème des attractioniſtes on n'a pas à craindre qu'il nous conduiſe à de fauſſes conſéquences: on peut plutôt être aſſûré d'avance de leur vérité.

le 7 Septembre 1760.

LETTRE LV.

V. A. connoît la propriété qu'a l'aimant d'attirer le fer, puiſque nous voyons que de petits morceaux de fer ou d'acier, comme des éguilles, placés dans le voiſinage d'un aimant y ſont entraînés avec une force d'autant plus grande, qu'ils ſont plus proches. Comme on ne voit rien, qui les pouſſe vers l'aimant, on dit que l'aimant les attire, & l'action même, ſe nomme *attraction.* On ne ſauroit douter cependant qu'il n'y ait quelque matiére très-ſubtile, quoiqu'inviſible, qui produiſe cet effet, en pouſſant effectivement le fer vers l'aimant; mais comme le langage ſe règle ſur les apparences, l'uſage de dire que l'aimant attire le fer, & qu'il s'y fait une attraction, a prévalu. Quoique ce phénomène ſoit particulier à l'aimant & au fer, il eſt très-propre à

éclaircir le terme d'attraction, dont les philosophes modernes se servent si fréquemment. Ils disent donc, qu'une propriété semblable à celle de l'aimant, convient à tous les corps en général, & qu'ils s'attirent tous mutuellement, mais que cet effet ne devient sensible, que lorsque les corps sont extrèmement grands, & reste absolument insensible dans les petits. Quelque grande, par éxemple, que soit une pierre, elle n'éxerce aucune attraction sur d'autres corps qu'on lui présente, parce que sa force est trop petite pour rendre l'attraction sensible; mais si l'on augmentoit la pierre jusqu'à la faire devenir plusieurs milliers de fois plus grande, l'attraction en deviendroit enfin sensible. J'ai déja fait remarquer à V. A. qu'on prétend avoir effectivement observé qu'une grande montagne de l'Amérique avoit produit une légère attraction. Une montagne plus grande produiroit donc une attraction plus sensible encore; & un corps beaucoup plus grand, tel que la terre entiére, attireroit avec une force d'autant plus grande. Or cette force, dont la terre toute entiére attireroit tous les corps à soi, est précisément la gravité, par laquelle nous voyons qu'ils sont effectivement portés vers la terre. Donc suivant ce systême, la gravité ou pesanteur, qui fait tomber tous les corps en-bas, n'est autre chose que l'effet de la terre toute entiére, par laquelle elle les attire tous à soi. Si le corps de la terre étoit plus grand ou plus petit, la

gravité ou la peſanteur des corps ſeroit auſſi plus grande ou plus petite. D'où l'on comprend que tous les autres grands corps de l'univers, comme le ſoleil, les planètes & la lune, ſont doués d'une force attractive ſemblable, mais plus ou moins grande, ſuivant qu'ils le ſont eux-mêmes plus ou moins. Comme le ſoleil eſt pluſieurs milliers de fois plus grand que la terre, ſa force attractive ſurpaſſe autant de fois celle de la terre. On eſtime que le corps de la lune eſt environ 40 fois plus petit que celui de la terre, d'où réſulte que ſa force attractive eſt d'autant de fois plus petite; & il en eſt de même de tous les corps céleſtes.

le 9 Septembre 1760.

LETTRE LVI.

En vertu du ſyſtême de l'attraction ou de la gravitation univerſelle, chaque corps céleſte attire tous les autres, & en eſt réciproquement attiré. Pour juger de la force avec laquelle ces corps attirent les autres, nous n'avons qu'à conſidérer deux corps qui s'attirent mutuellement. Il faut pour lors avoir égard à trois choſes, d'abord au corps attirant, enſuite au corps attiré, & enfin à leur diſtance,

puiſque la force d'attraction dépend de ces trois points.

Soit *Tab. III. fig.* 4. *A* le corps attirant, & *B* le corps attiré; l'un & l'autre ſphériques, les corps céleſtes ayant à-peu-près cette figure. Leur diſtance alors eſt eſtimée par celle de leurs centres *A* & *B*, c'eſt-à-dire, par la ligne droite *AB*. Maintenant pour le premier point, qui regarde la quantité du corps attirant *A*, il faut remarquer que plus ce corps eſt grand, plus auſſi ſa force ſera grande pour attirer le corps *B*. Si donc le corps attirant *A* étoit deux fois plus grand, le corps *B* en ſeroit attiré par une force double; s'il l'étoit trois fois, par une force triple, & ainſi de ſuite, ſuppoſé que la diſtance de leurs centres fût toujours la même. Donc, ſi la terre renfermoit plus ou moins de matiére qu'elle n'en contient actuellement, tous les corps y ſeroient attirés avec d'autant plus ou moins de force, ou leur poids ſeroit d'autant plus ou moins grand. Et comme toute la terre eſt attirée par le ſoleil, s'il étoit plus ou moins grand, elle y ſeroit attirée avec d'autant plus ou moins de force. Quant au corps *B* attiré, le corps attirant *A* & la diſtance *AB* demeurant les mêmes, il eſt à remarquer, que plus le corps *B* eſt grand ou petit, plus auſſi la force par laquelle il eſt attiré vers le corps *A*, ſera grande ou petite. Ainſi, ſi le corps *B* eſt deux fois plus grand, il ſera attiré au corps *A* avec une force double; s'il eſt trois

fois plus grand, il le ſera avec une force triple, & ainſi de ſuite. Pour mieux éclaircir la choſe, nous n'avons qu'à mettre la terre au lieu du corps attirant *A*, & la force dont le corps *B* eſt attiré, n'eſt autre choſe que le poids du corps *B*: or nous ſavons, que plus ce corps *B* eſt grand ou petit, plus auſſi ſon poids eſt grand ou petit: d'où nous voyons, que tant que le corps attirant *A*, & la diſtance *AB*, demeurent les mêmes, la force dont le corps *B* eſt attiré, ſuit préciſément la grandeur de ce corps. Pour exprimer cette circonſtance, on ſe ſert dans les mathématiques du terme *proportionel*, & l'on dit, que la force dont le corps *B* eſt attiré au corps *A*, eſt proportionelle à la maſſe du corps *B*: ce qui ſignifie, que ſi la maſſe du corps *B* étoit deux, trois ou quatre fois plus grande, la force ſeroit préciſément autant de fois plus grande. Ainſi ſur le premier point, où l'on regarde le corps attirant *A*, on dit, que la force dont le corps *B* eſt attiré au corps *A*, eſt proportionnelle à la maſſe du corps *A*, pendant que le corps *B* avec la diſtance *AB* demeurent les mêmes. Je dois encore obſerver que, quand on parle ici de la quantité du corps attirant *A*, ou du corps attiré *B*, on entend la quantité de matiére que l'un ou l'autre renferme, & non leur ſeule étendue. V. A. ſe ſouviendra bien, que les corps diférent conſidérablement à cet égard, & qu'il y en a qui, ſous une petite étendue, renferment beaucoup de

matiére, comme l'or, par éxemple, pendant que d'autres, comme l'air, en renferment fort peu ſous une grande étendue. Quand il s'agit donc ici des corps, il faut toujours en juger par la quantité de leur matiére, qu'on nomme auſſi leur maſſe. Il ne me reſte plus qu'à éxaminer le troiſiéme point, c'eſt-à-dire; la diſtance *AB* des deux corps, en ſuppoſant qu'ils demeurent les mêmes. Il faut obſerver ſur cela, qu'en augmentant la diſtance *AB* l'attraction diminue, & qu'en la diminuant l'attraction augmente, mais ſuivant une règle qu'il n'eſt pas facile d'exprimer. Lorſque la diſtance devient deux fois plus grande, la force dont le corps *B* eſt attiré vers le corps *A*, ſera deux fois deux ou quatre fois plus petite; & pour une diſtance triple la force d'attraction devient 3 fois 3, c'eſt-à-dire, 9 fois plus petite. Si la diſtance devient 4 fois plus grande, la force d'attraction devient 4 fois 4, ou 16 fois plus petite, & ainſi de ſuite. Pour une diſtance 100 fois plus grande, la force d'attraction ſera donc 100 fois 100 ou 10000 fois plus petite. D'où l'on voit que pour de très-grandes diſtances la force d'attraction doit enfin devenir tout-à-fait inſenſible. Et réciproquement, lorſque la diſtance *AB* eſt très-petite, la force d'attraction peut être très conſidérable, quoique les corps ſoient aſſez petits.

le 11 *Septembre* 1760.

LETTRE LVII.

Je viens de faire voir que lorſqu'un corps *B* eſt attiré par un autre corps *A*, la force d'attraction eſt proportionelle à la maſſe du corps attirant *A*, & à celle du corps attiré *B*; mais cette force d'attraction dépend tellement de la diſtance de ces corps, que ſi elle devenoit deux, 3, 4, ou 5 fois plus grande, la force d'attraction deviendroit quatre, 9, 16, ou 25 fois plus petite. Pour établir quelque règle là-deſſus, il faut multiplier par lui-même le nombre qui marque combien de fois la diſtance eſt augmentée, & le produit montrera de combien l'attraction devient plus petite. Pour mettre cette règle dans tout ſon jour, il faut obſerver que, lorſqu'on multiplie un nombre par lui-même, on nomme le produit, qui en réſulte, ſon *quarré*: ainſi pour trouver ces quarrés, il faut multiplier les nombres par eux-mêmes comme ſuit.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
multipl. par	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
quarré	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

	11		12
mult. par	11	mult. par	12
	11		24
	11		12
quarré	121	quarré	144

Il eſt clair par ce dernier éxemple, que le quarré du nombre 12 eſt 144; & ſi l'on veut ſavoir le quarré d'un autre nombre quelconque, comme de 258 il faut multiplier ce nombre par lui-même; & on fera l'opération ſuivante

```
  258
  258
-----
 2064
 1290
 516
-----
66564
```

d'où l'on voit que le quarré de ce nombre 258 eſt 66564. On opèrera de même pour tous les autres nombres.

Puis donc qu'il faut multiplier la diſtance des corps par elle-même, il eſt clair que la force d'attraction diminue d'autant que le quarré de la diſtance augmente, ou que le quarré

de la diſtance devient autant de fois plus grand que la force d'attraction diminue. En traitant ces ſortes de ſujets, les mathématiciens employent pour ſe faire entendre, certains termes qu'il eſt bon d'expliquer, parce qu'on s'en ſert quelquefois dans la converſation. Si la force de l'attraction augmentoit en raiſon du quarré de la diſtance, on la diroit proportionelle au quarré de la diſtance ; mais puiſqu'il arrive préciſément le contraire, & que la force d'attraction diminue pendant que le quarré de la diſtance augmente, on emploie le mot *réciproquement*, pour marquer cette contrariété, en diſant, que la force eſt réciproquement proportionelle au quarré de la diſtance. C'eſt une maniére de parler géométrique, dont V. A. comprendra parfaitement le ſens, qui eſt le même que je viens d'expoſer. Pour juger de la force dont un corps eſt attiré vers un autre, on n'a donc qu'à remarquer, que cette force eſt prémiérement proportionelle à la maſſe du corps attirant, enſuite à celle du corps attiré, & enfin réciproquement au quarré de leur diſtance. De-là il eſt d'abord clair que, quoique la terre & les planètes ſoient auſſi attirées vers les étoiles fixes, cette force doit être abſolument inſenſible, à cauſe de leur diſtance prodigieuſe. En effet, en ſuppoſant la maſſe d'une étoile fixe égale à celle du ſoleil, à diſtances égales, la terre y ſeroit attirée avec autant de force que vers le ſoleil; mais puiſque la diſtance de l'étoile fixe eſt 400000

fois plus grande que celle du ſoleil, le quarré de ce nombre étant de 160,000,000,000 ou cent ſoixante mille millions, la force dont la terre eſt attirée à cette étoile fixe ſera cent ſoixante millions de fois plus petite que celle dont elle eſt attirée par le ſoleil, ce qui ſeroit une attraction trop petite, pour produire le moindre effet ſenſible. Par cette raiſon la force attractive des étoiles fixes ne change rien dans le mouvement de la terre, des planètes & de la lune; mais c'eſt la force attractive du ſoleil, qui règle principalement le mouvement de la terre & des planètes, puiſque la maſſe du ſoleil ſurpaſſe pluſieurs milliers de fois la maſſe de chaque planète. Cependant quand deux planètes s'approchent, en ſorte que leur diſtance devient plus petite que celle du ſoleil, leur force attractive en eſt augmentée, & pourroit devenir aſſez ſenſible, pour troubler leur mouvement. On s'apperçoit en effet de ce dérangement, ce qui fait une preuve très-forte en faveur du ſyſtème d'attraction ou de gravitation univerſelle; ainſi quand une comète approche beaucoup d'une planète, elle peut bien en altérer le mouvement.

le 13 *Septembre* 1760.

LETTRE LVIII.

V. A. comprendra facilement par ce que je viens de dire ſur la force, avec laquelle tous les corps céleſtes ſont attirés vers les autres en raiſon de leur grandeur ou maſſe, & de leur diſtance, comment on peut déterminer leur mouvement, pour aſſigner en tout tems le véritable lieu où ſe trouvera chaque corps. C'eſt en quoi conſiſte la ſcience de l'aſtronomie, qui dépend de l'éxacte connoiſſance du mouvement des corps céleſtes, afin d'être en état de déterminer pour chaque moment, tant paſſé qu'avenir, l'endroit où chaque corps céleſte doit ſe trouver, & en quel lieu du ciel il doit paroître, étant vû de la terre ou d'un autre lieu quelconque du monde. La ſcience qui traite du mouvement en général, eſt nommée méchanique ou dynamique. Son objet eſt de déterminer le mouvement des corps quelconques, lorſqu'ils ſont pouſſés par telles forces que ce ſoit. Cette ſcience eſt une des principales parties des mathématiques, & ceux qui s'y appliquent font tous leurs efforts pour porter la méchanique à ſon plus haut dégré de perfection. Leurs recherches ſont cependant ſi profondes, qu'on ne peut pas ſe vanter encore d'y avoir réuſſi, & qu'il faut ſe contenter d'y avancer peu-à-peu. Ce n'eſt que depuis dix ou vingt ans, qu'on y fait des progrès

aſſez grands, & c'eſt principalement ſur de pareils ſujets, que l'académie des ſciences de Paris propoſe tous les ans des queſtions, auxquelles ſont attachés des prix de valeur pour ceux qui réuſſiſſent le mieux. La plus grande difficulté conſiſte dans la pluralité des forces dont chaque corps céleſte eſt pouſſé ou attiré vers tous les autres. Si chaque corps n'étoit attiré que vers un ſeul autre corps, la choſe n'auroit aucune difficulté, & le grand mathématicien Anglois, Newton, mort en 1728 avoit, le premier, heureuſement déterminé le mouvement de deux corps qui s'attirent mutuellement, ſelon la loi dont j'ai eu l'honneur de parler à V. A. Suivant cette loi, ſi la terre n'étoit attirée que vers le ſoleil ſeul, on connoîtroit parfaitement bien le mouvement de la terre: & il n'y auroit plus aucune autre recherche à faire. Il en ſeroit de même des autres planètes, de Saturne, de Jupiter, de Mars, de Venus, de Mercure, ſi les corps n'étoient attirés que par le ſoleil. Mais la terre étant attirée non-ſeulement par lui, mais par tous les autres corps céleſtes, la queſtion devient infiniment plus compliquée & plus difficile, à cauſe de la pluralité des forces dont elle eſt agitée. Heureuſement, cependant, on peut négliger les forces dont elle eſt attirée vers les étoiles fixes, puiſque, quelques grandes que ſoient leurs maſſes, elles ſont ſi prodigieuſement éloignées, que les forces, qu'elles éxercent ſur la terre, ſont ſi petites, qu'on peut

les

les laiſſer de côté. Le mouvement de la terre & des autres planètes ſera donc toujours auſſi parfaitement le même, que ſi les étoiles fixes n'éxiſtoient point. Outre la force du ſoleil, on n'a donc qu'à conſidérer les forces avec leſquelles les planètes s'attirent réciproquement. Or ces forces ſont de même extrêmement petites, en les comparant avec celles dont chaque planète eſt attirée vers le ſoleil; parce que la maſſe du ſoleil ſurpaſſe tant de fois celle de chaque planète, qu'il n'en réſulte qu'une force très-petite, en comparaiſon de celle du ſoleil. Cependant, puiſque ces forces augmentent lorſque les diſtances diminuent, enſorte qu'une force 4 fois plus grande répond à une diſtance 2 fois plus petite, qu'une force 9 fois plus petite répond à une diſtance 3 fois plus grande, & ainſi de ſuite ſelon les quarrés des nombres, comme je l'ai expliqué dans ma lettre précédente, il ſeroit bien poſſible que deux planètes s'approchaſſent ſi près, que leur force attractive devînt égale à celle du ſoleil, & la ſurpaſſât même beaucoup. Heureuſement ce cas n'arrive pas dans ce monde, & les planètes reſtent toujours ſi éloignées les unes des autres, que leur force attractive eſt toujours incomparablement plus petite, que celle dont elles ſont attirées vers le ſoleil. C'eſt pourquoi, ſans porter nos vues au-delà de ces connoiſſances, on peut enviſager chaque planète comme n'étant attirée que par la ſeule force du ſoleil, & de-là il eſt aiſé de déterminer ſon mouvement.

Ce qui ne peut cependant avoir lieu, que quand on se contente d'une connoissance superficielle du mouvement des planètes; car si l'on veut être instruit plus éxactement, il faut avoir égard à ces petites forces dont les planètes agissent les unes sur les autres, d'où résultent effectivement de petites irrégularités, & des aberrations, dont les astronomes ne s'apperçoivent que trop dans leurs observations: & c'est pour bien connoître toutes ces irrégularités dans le mouvement des planètes, qu'eux-mêmes, ainsi que les méchaniciens, réunissent toutes leurs forces & leur adresse.

le 15 *Septembre* 1760.

LETTRE LIX.

POUR mieux éclaircir ce que je viens d'exposer sur le mouvement des corps célestes, & sur les forces qui en sont cause, il est bon de présenter *Tab. IV. fig.* 1. à V. A. le système du monde, ou une déscription des corps célestes qui le composent. Il faut d'abord observer que les étoiles fixes sont des corps entiérement semblables au soleil, & lumineux d'eux-mêmes, éloignés du soleil & entr'eux par des distances prodigieuses, & dont chacun peut être de la même grandeur que le soleil. J'ai déja eu l'honneur de dire à V. A. que l'étoile fixe la plus

proche de nous, en eſt au moins 400,000 fois plus éloignée que le ſoleil. Chaque étoile fixe ſemble être deſtinée à échauffer & éclairer un certain nombre de corps opaques, ſemblables à notre terre, & ſans-doute auſſi habités qui ſe trouvent dans ſon voiſinage, mais que nous ne voyons point à cauſe de leur prodigieux éloignement. Quoiqu'on ne puiſſe pas s'en aſſurer par des obſervations, on l'infère néanmoins de leur reſſemblance avec le ſoleil, qui ſert à échauffer & éclairer notre terre, & même encore quelques autres corps ſemblables, qu'on nomme planètes. On connoît particuliérement ſix de ces corps échauffés & éclairés par le ſoleil; ils ne ſont pas en repos, mais chacun d'eux ſe meut autour du ſoleil par une route qui difère peu d'un cercle, & cette route ſe nomme l'orbite de chaque planète. Le ſoleil lui-même eſt à-peu-près en repos, ainſi que toutes les étoiles fixes, le mouvement que nous voyons en eux n'étant qu'apparent, & cauſé par le mouvement de la terre. J'ai donc repréſenté ſur la feuille ci-jointe ce qu'on nomme le ſyſtème ſolaire, qui renferme tous les corps opaques qui ſe meuvent autour du ſoleil, & qui jouïſſent des avantages qu'il nous procure. La grande tache que j'ai mis vers le milieu avec le ſigne ⊙ repréſente le ſoleil en repos. Autour de lui ſont ſix cercles qui marquent les orbites ou les routes, par leſquelles les planètes ſe meuvent autour du ſoleil. La planète la plus voiſine du ſoleil eſt Mercure,

marqué par le ſigne ☿, & la petite tache qui s'y trouve repréſente le corps de Mercure, qui achève ſon tour par ſon orbite autour du ſoleil environ en 88 jours. Vient enſuite Vénus, marquée par ♀, qui achève ſes révolutions autour du ſoleil en 7 mois à-peu-près. Le troiſiéme cercle eſt notre terre, qui porte le ſigne ♁, & qui achève ſes révolutions autour du ſoleil dans un an, une année n'étant autre choſe, que le tems que la terre emploie à parcourir ſon cercle autour du ſoleil. Mais pendant que la terre ſe meut autour du ſoleil, un autre corps ſe meut lui-même autour de la terre, en la ſuivant dans ſon orbite, c'eſt la lune, dont le cercle ou orbite eſt repréſentée dans la figure ☽. Les deux premiéres planètes ☿ & ♀ n'ont viſiblement point de corps qui les accompagne, non plus que Mars ♂, qui eſt la quatriéme, & qui parcourt ſon orbite autour du ſoleil en 2 ans environ. Le cinquiéme cercle eſt celui de Jupiter ♃, qui fait ſa révolution en douze ans à-peu-près. Autour de lui ſe meuvent quatre ſatellites repréſentés dans la figure, avec leurs orbites, par les nombres 1. 2. 3. 4. Enfin le ſixiéme & dernier cercle eſt l'orbite de Saturne ♄, qui met prèſque 30 ans dans ſa révolution autour du ſoleil. Cette planète eſt accompagnée dans ſon cours des cinq ſatellites marqués par les nombres 1. 2. 3. 4. 5. C'eſt ainſi que le ſyſtème du ſoleil renferme ſix planètes principales, Mercure ☿, Vénus ♀, la Terre ♁, Mars ♂,

Jupiter ♃, Saturne ♄, & dix ſatellites, ſavoir, la lune, quatre ſatellites de Jupiter, & cinq de Saturne. Ce ſyſtême contient encore pluſieurs comètes, dont le nombre eſt inconnu. La figure en repréſente une, dont l'orbite diffère de celle des planètes, parce qu'elle eſt extrêmement allongée, deſorte qu'une comète s'approche tantôt beaucoup du ſoleil, & tantôt s'en éloigne juſqu'à nous devenir tout-à-fait inviſible. Parmi les comètes on a remarqué une qui achève ſes révolutions dans ſon orbite en 75 ans environ, & c'eſt celle qu'on a vu l'année derniére. Pour les autres comètes, il eſt certain qu'elles mettent pluſieurs ſiécles à parcourir leurs orbites; & comme dans les ſiécles paſſés on ne les a pas éxactement obſervées, on ne ſait rien de leur retour. Voilà donc en quoi conſiſte le ſyſtème du ſoleil, & il eſt très-probable que chaque étoile fixe en ait un ſemblable.

le 17 *Septembre* 1760.

LETTRE LX.

OUTRE ce que j'ai dit à V. A. ſur le ſyſtème ſolaire, je dois lui communiquer quelques obſervations pour l'explication des figures. Il faut remarquer d'abord, que les lignes qui marquent les routes que parcourent les planè-

tes, en vertu de leur mouvement, n'ont aucune réalité dans les cieux, puiſque tout l'eſpace du ciel, par lequel les corps céleſtes ſe meuvent, eſt vuide, ou plutôt rempli de cette matiére ſubtile qu'on nomme l'éther, dont j'ai eu l'honneur de parler fort amplement à V. A. Enſuite les orbites des planètes n'éxiſtent pas toutes dans un même plan, comme la figure les préſente; mais ſi l'orbite de la terre avec le ſoleil eſt bien repréſenté ſur le papier, il faut s'imaginer que les orbites des cinq autres planètes ſont en partie élevées ſur le papier & en partie déprimées au-deſſous, ou que l'orbite de chaque planète y eſt couchée obliquement, faiſant avec le papier une interſection, ſous un certain angle, qu'il eſt impoſſible de repréſenter dans une figure deſſinée ſur le papier.

Outre cela, les orbites des planètes ne ſont pas des cercles, comme la figure paroît l'indiquer, mais plutôt d'une figure un peu ovale, l'une plus, l'autre moins; cependant aucune ne difère conſidérablement d'un cercle. L'orbite de Venus eſt preſqu'un cercle parfait, mais celle des autres planètes eſt plus ou moins ovale, deſorte que ces planètes ſont tantôt plus près du ſoleil & tantôt plus éloignées. Les orbites des comètes ſe diſtinguent parce qu'elles ſont extrêmement ovales ou allongées, comme je l'ai marqué dans la figure. Quant à la lune & aux ſatellites de Saturne & de Jupiter, leurs orbites ſont auſſi prèſque circulaires. Il ne faut pas non plus les concevoir comme étant cou-

chées ainſi qu'elles le ſont ſur le plan du papier; car elles ne demeurent pas au même endroit, mais elles ſont emportées elles-mêmes autour du ſoleil avec la planète principale à laquelle elles appartiennent. C'eſt ainſi qu'il faut entendre les lignes repréſentées dans la figure. L'imagination doit ſuppléer à ce qu'il eſt impoſſible de bien repréſenter ſur le papier. V. A. comprendra aiſément par-là ce que feu Mr. de Fontenelle a voulu dire dans ſon livre ſur la pluralité des mondes. On nomme quelquefois monde la terre toute entiére avec ſes habitans, & chaque planète, & même chacun des ſatellites, mérite ce nom avec autant de droit, puiſqu'il eſt plus que vraiſemblable, que chacun de ces corps a des habitans comme la terre. Il y auroit donc ſeize mondes dans le ſeul ſyſtème du ſoleil. Et chaque étoile fixe étant un ſoleil autour duquel un certain nombre de planètes achèvent leur révolution, & dont quelques-unes ont ſans-doute leurs ſatellites, nous avons prèſque une infinité de mondes ſemblables à notre terre, attendu que le nombre des étoiles, vues de nos yeux ſimples, ſurpaſſe quelques milliers, & que les lunettes nous en découvrent encore un nombre incomparablement plus grand. Veut-on comprendre ſous le nom de monde le ſoleil avec les planètes & les ſatellites qui leur appartiennent, & qui en reçoivent leur chaleur & leur lumiére, on aura autant de mondes qu'il y a d'étoiles fixes. Mais ſi ſous le nom de monde on entend la

terre avec tous les corps céleſtes, ou tous les êtres créés à la fois, il faut faire attention qu'il ne ſauroit y avoir qu'un ſeul monde, auquel on rapporte tout ce qui éxiſte. C'eſt dans ce ſens qu'on prend le terme de monde en philoſophie, & en particulier dans la métaphyſique, où c'eſt un dogme, ou une vérité fondamentale, qu'il n'y a qu'un ſeul monde, aſſemblage de tous les êtres créés, tant paſſés, que préſens & futurs. Si Mr. de Fontenelle avoit voulu ſoutenir dans ce ſens la pluralité des mondes, il auroit certainement été dans l'erreur.

Cependant, quand les philoſophes diſputent entr'eux ſi notre monde eſt le meilleur ou non, ils ſuppoſent ſans-doute une pluralité de mondes, & pluſieurs ſoutiennent que celui qui éxiſte eſt le meilleur entre tous les autres qui auroient pu éxiſter. Ils ſe repréſentent Dieu comme un architecte, qui ayant voulu créer ce monde, s'eſt propoſé pluſieurs plans diférens entr'eux, parmi leſquels il a choiſi le meilleur, ou celui dans lequel les perfections étoient toutes réunies au plus haut dégré; & qu'il a créé celui-ci préférablement à tous les autres. Ce ſentiment paroît confirmé par l'hiſtoire de la création, où il eſt dit expreſſément que tout étoit parfaitement bien. Mais le grand nombre des maux qui ſe trouvent dans ce monde, & qui tirent leur origine de la méchanceté des hommes, cauſe ici un doute fort important, ſavoir, s'il n'auroit pas été poſſible de créer un monde tout-à-fait éxempt de ces

maux. Suivant moi il faut bien diſtinguer entre les plans d'un monde qui ne contient que des êtres corporels, & ceux d'un autre monde qui contient des ètres intelligens & libres. Dans le premier cas, le choix du meilleur ſeroit ſans difficulté, mais dans l'autre, où les êtres intelligens & libres font la principale partie du monde, le jugement du meilleur ſurpaſſe infiniment notre portée, & la méchanceté même des êtres libres peut contribuer à la perfection du monde d'une maniére inconcévable pour nous.

Il paroît que les philoſophes n'ont pas fait aſſez d'attention à cette diſtinction ſi eſſentielle; mais je ſens trop mon incapacité pour vouloir entrer dans une queſtion ſi importante.

le 19 *Septembre* 1760.

LETTRE LXI.

POUR déterminer le mouvement des corps qui compoſent le ſyſtème ſolaire, il faut diſtinguer les planètes principales, qui ſont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter & Saturne, de leurs ſatellites, c'eſt-à-dire, de la lune, des quatre ſatellites de Jupiter, & des cinq de Saturne. J'ai déja eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que ces ſix planètes ſont principalement attirées vers le ſoleil, ou que la

force avec laquelle elles ſont pouſſées vers lui, eſt incomparablement plus grande que les forces dont elles s'attirent mutuellement. La raiſon en eſt la prodigieuſe maſſe du ſoleil, &, que les planètes ne s'approchent jamais tant entr'elles, que leur force mutuelle puiſſe devenir conſidérable en comparaiſon de celle du ſoleil. Si les étoiles étoient uniquement attirées vers le ſoleil, leur mouvement ſeroit aſſez regulier, & fort aiſé à déterminer.

Mais les petites forces dont les planètes agiſſent les unes ſur les autres y cauſent quelques petites irrégularités, que les aſtronomes s'occupent à découvrir par les obſervations, comme les méchaniciens à leur tour s'occupent à les déterminer par les principes du mouvement. Il s'agit toujours ici de cette grande queſtion: Les forces qui agiſſent ſur un corps étant connues, quel ſera le mouvement de ce corps? Or par les principes expoſés ci-deſſus, on connoît les forces à l'action deſquelles chaque planète eſt aſſujettie. Ainſi le mouvement de la terre eſt un peu dérangé 1°. par l'attraction de Vénus, qui s'approche quelquefois beaucoup de la terre, & 2°. par celle de Jupiter, qui, à cauſe de ſa grandeur devient conſidérable, quoiqu'elle ſoit toujours fort éloignée. La maſſe de Mars eſt trop petite pour y produire un effet ſenſible, nonobſtant la proximité où il ſe trouve quelquefois; & Saturne, quoique ſa maſſe ſoit la plus grande après celle de Jupiter, eſt trop éloigné. La lune, quoique très-petite,

caufe quelque dérangement, à caufe de fa proximité. La comète de l'année derniére a été fept fois plus proche de nous que le foleil, lorfque fa diftance étoit la plus petite, il eft donc affez vraifemblable que cette comète peut avoir dérangé le mouvement de la terre; furtout fi fa maffe étoit confidérable, ce que nous ne favons pas. Si cette comète étoit auffi grande que la terre, l'effet devroit être très-confidérable; mais fa petiteffe apparente me fait croire que fon corps eft beaucoup plus petit que celui de la terre, & par conféquent fon effet doit avoir été proportionnellement plus petit. Cependant, lorfque nous vîmes cette comète, elle étoit déja fort éloignée de nous; dans le tems, où elle étoit le plus près elle nous étoit invifible, & nos antipodes l'auroient vue affez brillante. Ce que je viens de dire fur les dérangemens caufés dans le mouvement de la terre, a auffi lieu dans les autres planètes, eu égard à leur maffe & à leur proximité. Quant à la lune & aux autres fatellites, le principe de leur mouvement eft un peu diférent. La lune eft fi près de la terre, que fon attraction furpaffe beaucoup celle du foleil, quoique la maffe du foleil foit plufieurs milliers de fois plus grande que celle de la terre. De-là vient, que le mouvement de la lune fuit celui de la terre, & qu'elle lui demeure comme attachée, ce qui fait regarder la lune comme un fatellite de la terre. Si la lune avoit été placée beaucoup plus loin de nous, & que l'attraction vers

la terre fut moindre que vers le ſoleil, la lune ſeroit devenue une planète principale, & auroit fait ſes révolutions autour du ſoleil; mais à préſent la lune eſt 300 fois plus près de la terre que du ſoleil, d'où il eſt aiſé de comprendre que l'attraction de la terre peut ſurpaſſer celle du ſoleil. La lune étant principalement attirée par deux forces, celle de la terre & celle du ſoleil, il eſt évident que la détermination de ſon mouvement doit être beaucoup plus difficile que celui des planètes principales, qui n'éprouvent que la ſeule force du ſoleil, en faiſant abſtraction des petits dérangemens dont je viens de parler. Auſſi le mouvement de la lune a-t-il de tout tems terriblement embarraſſé les aſtronomes, & jamais ils n'ont pu parvenir à prédire, pour un tems donné, le lieu de la lune au ciel, ſans ſe tromper conſidérablement. V. A. comprend aiſément que pour prédire une éclipſe, tant de lune que de ſoleil, il faut être en état d'aſſigner éxactement le lieu de la lune. Or dans les ſiécles paſſés, quand on a voulu calculer quelqu'éclipſe, on s'eſt trompé ſouvent d'une heure ou davantage, l'éclipſe étant arrivée une heure ou davantage plus tôt ou plus tard qu'on n'avoit trouvé par le calcul. Quelques peines que les anciens aſtronomes ſe ſoient données pour pénètrer le mouvement de la lune, ils ſont toujours reſtés fort éloignés du vrai; ce n'eſt que depuis que le grand Newton a découvert les véritables forces qui agiſſent ſur la lune,

qu'on s'eſt approché de plus en plus de la vérité, après avoir vaincu les obſtacles qu'on a rencontrés dans cette recherche. J'y avois auſſi employé bien du tems, & Mr. Meyer de Göttingue, pourſuivant la route que j'avois frayée, eſt enfin parvenu à un point de préciſion, qu'on ne ſauroit prèſque pouſſer plus loin. Ce n'eſt donc que depuis près de dix ans, qu'on peut ſe vanter d'avoir aſſez de connoiſſance ſur le mouvement de la lune. C'eſt depuis ce tems-là qu'on eſt en état de calculer les éclipſes ſi éxactement, qu'on ne ſe trompe pas de plus d'une minute, au lieu qu'on s'étoit ſouvent trompé auparavant de 8 minutes & au-delà. C'eſt donc à la méchanique qu'on eſt redevable de cette découverte importante, qui procure les plus grands avantages, non-ſeulement à l'aſtronomie, mais auſſi à la géographie & à la navigation.

le 23 *Septembre* 1760.

LETTRE LXII.

LA force attractive des corps céleſtes s'étend non-ſeulement au corps entier de la terre, mais à toutes les parties dont elle eſt compoſée. Ainſi tous les corps que nous voyons ſur la ſurface de la terre, ſont non-ſeulement attirés à la terre même, d'où réſulte leur peſanteur & le poids de chacun en particulier, mais auſſi vers

le ſoleil & vers tous les autres corps céleſtes, & cela plus ou moins, ſelon la grandeur de ces corps & leur diſtance. Or il eſt évident, que la force dont un corps, une pierre par éxemple, eſt attirée vers la terre, doit être incomparablement plus grande que celle dont ce même corps eſt attiré vers le ſoleil, les autres planètes & la lune, à cauſe de leur grande diſtance. Un tel corps étant éloigné du centre de la terre par la diſtance du rayon de la terre, eſt 60 fois plus éloigné de la lune: ſi donc la lune étoit auſſi grande que la terre, l'attraction vers la lune ſeroit 60 fois 60, ou 3600 fois plus petite que l'attraction vers la terre, ou la peſanteur du corps; or le corps de la lune eſt environ 70 fois plus petit que le corps de la terre, d'où la force attractive de la lune devient encore 70 fois 3600, ſoit 252000 fois plus petite que ſa peſanteur. Enſuite, quoique le ſoleil ſoit pluſieurs milliers de fois plus grand que la terre, il eſt environ 24000 fois plus éloigné de nous que le centre de la terre, & c'eſt pourquoi l'attraction du ſoleil ſur une pierre, eſt extrêmement petite, par rapport à ſa peſanteur. V. A. voit donc par-là que la peſanteur des corps terreſtres, qui n'eſt autre choſe que la force dont ils ſont attirés vers la terre, ne ſauroit être ſenſiblement altérée par l'attraction des corps céleſtes. Cependant, quelque petite que ſoit cette attraction, il en réſulte un phénomène très-remarquable, qui a toujours extrêmement tourmenté les philoſophes:

c'eſt le flux & le reflux de la mer. On en parle ſi ſouvent dans le diſcours ordinaire, qu'il eſtdevenu prèſque néceſſaire d'en avoir connoiſſance; & c'eſt pourquoi je me propoſe de préſenter à V. A. une déſcription détaillée de ce phénomène ſingulier, & une explication des cauſes qui le produiſent. Je commence donc par la deſcription du phénomène connu ſous le nom de *flux & reflux* de la mer. On ſait que la plus grande partie de la ſurface de la terre eſt couverte d'eau, qu'on nomme la Mer ou l'Océan. Ce grand aſſemblage des eaux eſt bien diférent des riviéres & des lacs, qui, ſuivant les diférentes ſaiſons de l'année, contiennent tantôt plus tantôt moins d'eau, pendant que, dans la mer, la quantité d'eau demeure à-peu-près toujours la même. On obſerve cependant que l'eau de la mer hauſſe & baiſſe alternativement deux fois le jour, aſſez reguliérement. Si, par éxemple, dans un port, l'eau ſe trouve à préſent à la plus grande hauteur, elle commencera bientôt à baiſſer, & cette diminution continue pendant 6 heures, où la hauteur ſe trouve la plus petite. Elle recommence enſuite à hauſſer, & cette augmentation dure auſſi 6 heures, tems auquel l'eau atteint ſa plus grande hauteur. De-là elle baiſſe de nouveau pendant ſix heures, & remonte autant de tems; deſorte que dans l'intervalle d'environ 24 heures, l'eau monte & baiſſe deux fois, & parvient alternativement à la plus grande & à la plus petite hauteur. C'eſt cette alternative d'augmen-

tation & de diminution de l'eau de la mer, qu'on nomme le flux & reflux de la mer: &, en particulier, le flux marque le tems où l'eau monte ou hauſſe, & le reflux celui où elle baiſſe, ou diminue. Le flux & reflux enſemble ſe nomment auſſi la *marée*. C'eſt donc ſur cette alternative d'élévation & d'abaiſſement de l'eau de la mer que j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. On remarque d'abord, que la diférence entre l'élévation & l'abaiſſement varie ſelon la lune. Dans les pleines & nouvelles lunes l'eau hauſſe plus que dans ſes quartiers; & vers le tems des équinoxes, au mois de Mars & de Septembre, ce mouvement alternatif de la mer eſt le plus conſidérable. On y obſerve auſſi une grande diférence, ſelon la ſituation des côtes. Le flux en quelques endroits ne monte pas au-delà de quelques pieds, tandis que dans d'autres il s'élève juſqu'à 40 pieds & au-delà. C'eſt au port de Briſtol en Angleterre où les marées ſont ſi grandes.

Il eſt auſſi à remarquer que ce phénomène s'obſerve principalement dans l'Océan, où l'eau a une très-grande étendue, & que dans les mers bornées on reſſerrées, comme la mer Baltique & la méditerranée, il eſt peu conſidérable. L'intervalle du flux au reflux ſuivant n'eſt pas auſſi préciſément de 6 heures, mais environ de 11 minutes de plus, enſorte que les mêmes changemens ne répondent pas le lendemain aux mêmes heures, mais qu'ils arrivent trois quarts d'heure plus tard; & ce n'eſt

qu'au

qu'au bout de 30 jours qu'ils reviennent à la même heure, ce qui est précisément le tems d'une révolution de la lune, ou d'une nouvelle lune à la suivante.

le 26 Septembre 1760.

LETTRE LXIII.

LORSQUE l'eau de la mer s'élève ou devient plus haute en quelqu'endroit, il ne faut pas s'imaginer que l'eau y soit enflée par quelque qualité interne, comme le lait mis dans un vase sur le feu. L'élévation de la mer est causée par un accroissement réel d'eau qui y coule d'autre part. C'est un vrai courant, qu'on remarque fort bien sur mer, qui amène les eaux dans les lieux où le flux arrive. Pour mieux comprendre cela, il faut considérer que, dans la grande étendue de l'Océan, il y a toujours des endroits où l'eau est basse, pendant qu'elle est haute dans d'autres; & c'est de ces endroits-là qu'elle est transportée dans ceux-ci. Quand donc l'eau s'élève en quelqu'endroit, il y a toujours un courant, qui amène l'eau des autres lieux où elle baisse alors. C'est donc une erreur de s'imaginer, comme quelques auteurs, que, pendant le flux de la mer, la masse totale de l'eau devient plus grande, & diminue pendant le reflux. La masse ou le volume de

la mer entiére demeure toujours le même, mais il y règne un mouvement de réciprocation, par lequel l'eau eſt alternativement tranſportée de certaines régions dans d'autres ; & quand l'eau eſt haute quelque part, elle eſt certainement baſſe quelqu'autre part, deſorte que l'accroiſſement, dans les lieux où l'eau eſt haute, eſt préciſément égal au décroiſſement dans ceux où elle eſt baſſe. Ce ſont ces phénomènes du flux & reflux de la mer, dont les anciens philoſophes ont tâché inutilement de découvrir la cauſe. Le grand Ariſtote en fut ſi ſurpris, lorſqu'il étoit aux Indes Orientales avec Aléxandre le grand, qu'il voulut ſuivre la retraite de la mer dans le reflux; mais le retour des eaux ſuivant le ſurprît tellement, qu'il en fut noyé, & qu'on n'a pu ſavoir quelles ſpéculations il peut avoir faites dans cette funeſte expérience. Képler, d'ailleurs grand aſtronome, & l'ornement de l'Allemagne, a cru que la terre, de même que tous les corps céleſtes, étoit un véritable animal vivant, & a regardé le flux & le reflux de la mer comme l'effet de ſa reſpiration. Selon ce philoſophe, les hommes & les bêtes étoient comme des inſectes ou des poux, qui ſe nourriſſoient ſur la peau du grand animal. V. A. me diſpenſe aiſément de refuter ce ſentiment bizarre. Deſcartes, ce grand philoſophe François, a tâché d'introduire plus de lumiére dans la philoſophie, & a remarqué que le flux & reflux de la mer ſe régloit principalement ſur le mouvement de la lune, ce qui étoit,

ſans contredit, une très-grande découverte, quoique les anciens euſſent déja ſoupçonné cette liaiſon entre ces deux phénomènes. Car ſi la haute mer, par éxemple, ou le flux, arrive aujourd'hui à midi, la mer ſera baſſe à 6 heures 11 minutes du ſoir; elle montera 22 minutes après minuit, & baiſſera de nouveau à 6 heures 33 minutes le matin du lendemain; & la haute mer ou le flux ſuivant arrivera trois quarts d'heure après midi du lendemain, de-ſorte que, d'un jour à l'autre, les mêmes marées retardent de 3 quarts d'heure. Et comme la même choſe précisément ſe trouve dans le mouvement de la lune, qui ſe lève toujours 3 quarts d'heure plus tard que le jour précédent, il étoit à préſumer que les marées ſuivoient le cours de la lune. Si dans quelqu'endroit, par éxemple, le jour de la nouvelle lune, la haute mer arrive à 3 heures après midi: on peut être aſſuré qu'à l'avenir, tous les jours de la nouvelle lune, la haute mer arrivera conſtamment à 3 heures après midi, & que les jours ſuivans elle retardera toujours de trois quarts d'heure. De plus, non-ſeulement le tems où chaque flux & reflux arrive, ſuit éxactement la lune, mais la grandeur des marées, qui eſt variable, ſe trouve encore dans une liaiſon très-étroite avec la lune. Les marées ſont les plus fortes par-tout après la nouvelle & la pleine lune, c'eſt-à-dire que, dans ces tems-là, l'élévation de l'eau eſt plus grande que dans les autres tems; & après le premier & dernier

quartier l'élévation de l'eau pendant le flux eſt la plus petite. Cette belle harmonie entre les marées & le mouvement de la lune doit ſans-doute ſuffire pour conclure que la principale cauſe du flux & reflux de la mer doit être cherchée dans la lune. Auſſi Deſcartes croyoit-il, que la lune, en paſſant au-deſſus de nous, preſſoit l'atmoſphère ou l'air qui environne la terre & que l'air preſſant ſur l'eau à ſon tour la faiſoit baiſſer; il auroit donc fallu dans ce cas que l'eau fût baſſe dans les endroits au-deſſus deſquels ſe trouve la lune, & qu'elle fit le même effet 12 heures après dans la marée ſuivante, ce qui n'arrive pourtant pas. D'ailleurs la lune eſt trop éloignée de la terre, & l'atmoſphère trop baſſe, pour que la lune puiſſe l'atteindre; & quand la lune ou quelqu'autre grand corps paſſeroit par l'atmoſphère, il s'en faut beaucoup qu'elle en fût preſſée, & moins encore la mer reſſentiroit-elle cette prétendue preſſion. Cet effort de Deſcartes pour expliquer le flux & reflux de la mer, n'a donc point eu de ſuccès; mais la liaiſon de ce phénomêne avec le mouvement de la lune, que ce philoſophe a ſi bien développée, a mis ſes ſucceſſeurs en état d'y employer plus heureuſement leurs lumiéres. C'eſt ce dont j'aurai l'honneur de parler dans la ſuite à V. A.

le 30 Septembre 1760,

LETTRE LXIV.

La méthode de Descartes, pour expliquer le flux & reflux de la mer, par la pression de la lune sur notre atmosphère, n'ayant point eu de succès, il étoit plus raisonnable d'en chercher la cause dans l'attraction que la lune éxerce sur la terre, & conséquemment aussi sur la mer. La force attractive des corps célestes étant déja suffisamment constatée par tant d'autres phénomènes, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A. on ne sauroit douter que le flux & reflux de la mer n'en soit la suite. Dès que nous établissons que la lune, ainsi que les autres corps célestes, a la force d'attirer tous les corps en raison de leur masse, & réciproquement en raison du quarré de leur distance, on comprend aisément que la mer, corps fluide, ne sauroit être insensible à l'action de cette force, d'autant plus que V. A. aura pu remarquer souvent, que la moindre force est capable d'agiter un fluide. Il s'agit seulement d'éxaminer, si la force attractive de la lune, telle que nous la supposons, est capable de produire dans la mer l'agitation que nous connoissons sous le nom de flux & reflux.

Je suppose que la figure ci-jointe *Tab. III. fig. 5.* représente la terre & la lune. *A* est le lieu où l'on voit la lune, au-dessus de la terre. *B* celui directement opposé, où se trouvent

les antipodes; & *C* marque le centre de la terre. Or, puiſque le point *A* eſt plus près de la lune que le point *B*, un corps eſt plus fortement attiré en *A* vers la lune, qu'un autre corps placé en *B*; & ſi nous ſuppoſons un troiſiéme corps ſemblable, au centre de la terre *C*, il eſt clair, que le corps *A* ſera plus fortement attiré vers la lune que le corps *C*, & celui-ci que le corps *B*, puiſque le corps *A* eſt plus proche; & que le corps *B* eſt plus éloigné de la lune que le corps *C*. Mais des corps ſemblables ſitués en *E* & en *F* ſont prèſqu'autant attirés vers la lune, que celui qui ſe trouve au centre de la terre *C*, puiſqu'ils ſont à la même diſtance à-peu-près de la lune que le corps *C*. Nous voyons par-là que les corps de la terre ne ſont donc pas tous également attirés vers la lune. L'inégalité d'attraction dépend de l'inégalité de leur diſtance au centre de la lune *L*, deſorte qu'un corps de la terre eſt d'autant plus fortement attiré par la lune, qu'il en eſt plus proche, & que l'attraction eſt d'autant plus petite, qu'il en eſt plus éloigné. C'eſt à cette inégalité de forces, dont les corps diverſement ſitués ſur la terre ſont attirés vers la lune, qu'il faut principalement faire ici attention; car ſi tous les corps étoient attirés également vers la lune, ils obéiroient également à cette force, & il n'arriveroit aucun dérangement dans leur ſituation mutuelle. Que V. A. ſe repréſente pluſieurs chariots trainés par des forces parfaitement égales, ils feront leur route

en conſervant toujours entr'eux le même ordre & les mêmes diſtances, mais dès que quelques-uns marcheront plus vîte, & d'autres plus lentement, l'ordre ſera dérangé. Il en eſt de même des divers corps de la terre, qui ſont attirés par la lune. Si ces corps étoient tous également attirés, ils conſerveroient entr'eux la même ſituation, & nous n'y appercevrions aucun changement; mais dès que les forces, dont ils ſont attirés à la lune, ſeront inégales, leur ordre & leur ſituation ſeront changés, ſi ces corps ne ſont pas attachés entr'eux par des liens que ces forces ne pourroient rompre, ce qui ne ſauroit arriver dans un fluide, tel que la mer, parce que tout fluide a néceſſairement la propriété, que toutes ſes parties ſe ſéparent aiſément les unes des autres, & que chacune peut obéir librement aux impreſſions qui l'agitent. Il eſt donc clair, que, dès que les forces qui agiſſent ſur les diverſes parties de la mer ne ſont pas égales entr'elles, il doit naître une agitation & un dérangement dans ſon aſſiette ordinaire. On vient de voir, que les diverſes parties de la mer ſont attirées inégalement vers la lune, ſuivant qu'elles ſont inégalement éloignées de ſon centre; la mer doit donc être agitée par la force de la lune qui changeant continuellement de ſituation à l'égard de la terre, & faiſant ſa révolution autour d'elle en 24 heures & trois quarts environ, fait éprouver à la mer les mêmes changemens & les mêmes phénomènes, après l'in-

tervalle de 24 heures & trois quarts, ou que le flux & reflux doivent retarder d'un jour à l'autre de trois quarts d'heure, ce qui est d'accord avec l'expérience. Il s'agit de montrer à présent comment l'élévation & la dépression alternative de la mer, qui succèdent par un intervalle de 6 heures & 11 minutes, résultent de l'inégalité des forces de la lune; c'est ce que je me propose d'éxaminer dans la suite.

le 4 Octobre 1760.

LETTRE LXV.

V. A. vient de voir, que la lune ne cause aucune altération à l'état de la terre, qu'autant qu'elle agit inégalement sur ses diférentes parties. La raison en est que, si toutes ses parties éprouvoient la même action, elles en seroient également entrainées, sans qu'il en résultât aucun changement dans leur situation.

Mais un corps *Tab. III. fig.* 5. étant en *A*, plus proche de la lune que le centre de la terre *C*, y est plus fortement attiré qu'un corps en *C*: il en approchera donc plus vite que le corps en *C*. Il en résulte nécessairement, que le corps *A* s'éloigne du centre *C* vers la lune; comme s'il y avoit deux chariots en *A* & en *C*, & que le chariot en *A* fût tiré vers *L* avec plus de force que celui qui est en *C*, le chariot *A*

s'éloigneroit du chariot *C*. C'eſt ainſi que la force de la lune tend à éloigner le point *A* du centre *C*. Or éloigner un corps du centre de la terre, c'eſt l'élever; & puiſqu'il s'agit ici de l'eau qui ſeroit en *A*, il eſt certain que la force de la lune tend à élever l'eau qui eſt en *A*, par une force égale à l'excès dont le point *A* eſt plus fortement attiré vers la lune que le centre *C*. C'eſt donc par cette force que la lune élève les eaux qui ſe trouvent ſur la terre immédiatement au-deſſous d'elle. Conſidérons à préſent auſſi un corps en *B*, oppoſé directement au point *A*. Ce corps moins attiré par la lune qu'un corps pareil ſitué au centre de la terre *C*, ce centre s'approchera plus de la lune que le point *B*, qui reſtera, pour ainſi dire, en arriére, ainſi qu'un chariot qui marcheroit plus lentement que celui qui le précède. Il en réſultera, que le point *B* s'éloignera du centre *C*, & s'élèvera, puiſque s'éloigner du centre de la terre n'eſt autre choſe que s'élever. Il eſt donc évident que la force de la lune tend à élever les eaux, non-ſeulement celles qui ſe trouvent en *A*, mais celles qui ſont directement oppoſées en *B*, & celles-ci par une force égale à la diférence dont le point *B* eſt moins attiré vers la lune que le centre *C*. Or ceux qui ſont en *A*, ont directement la lune au-deſſus d'eux, ou dans leur Zenith; & ceux en *B* ne voient point du tout la lune, qui occupe alors un lieu dans le ciel directement oppoſé à leur Zenith, nommé *Nadir*. On com-

prend donc, qu'en quelqu'endroit de la mer que ce ſoit, l'eau doit s'élever, tant, lorſque la lune ſe trouve au Zénith de l'endroit, qu'à ſon Nadir, ou quand la lune ſe trouve le plus élevée au-deſſus de l'horizon, & quand elle eſt le plus au-deſſous du même horizon. Dans les tems intermédiaires, que la lune eſt à l'horizon en ſe levant ou ſe couchant, elle n'éxerce aucune force capable d'élever la mer; une petite force contraire tend même alors à la faire baiſſer. Suivant ce ſyſtème, dans l'endroit de la mer où la lune eſt au Zenith, ſa force tend à élever l'eau; environ 6 heures après, lorſqu'elle eſt parvenue à l'horizon, ſa force tend à la faire baiſſer. Douze heures 22 minutes enſuite, la lune ſe trouvant à la plus grande profondeur au-deſſous de l'horizon, éxerce la même force pour élever l'eau, & 18 heures 33 minutes encore après, elle remonte ſur l'horizon, en faiſant baiſſer l'eau, juſqu'à ce qu'enfin, après 24 heures & 45 minutes depuis le premier terme, elle retourne au Zenith du ciel, où elle recommence à élever l'eau comme le jour précédent: & c'eſt ce qui s'accorde parfaitement avec les expériences. Ces alternatives d'élevations & de dépreſſions de la mer, par intervalles de 6 heures & 11 minutes, ayant une ſi grande conformité avec le mouvement de la lune, ne laiſſent pas douter que le flux & reflux de la mer ne ſoit cauſé par la force attractive de la lune. Une circonſtance bien remarquable, eſt, que la lune agit

également ſur la mer en l'élevant, ſoit qu'elle ſe trouve à la plus grande hauteur au-deſſus de l'horizon, ou à la plus grande profondeur au-deſſous. Ce qui a paru d'abord fort étrange aux philoſophes, qui s'imaginoient que la lune devroit produire ſous l'horizon un effet contraire à celui qu'elle produit au Zenith; mais V. A. verra très-clairement, que la lune produit le même effet dans ces deux poſitions directement oppoſées; puiſque j'ai demontré dans la figure ci-deſſus, que l'effet de la lune eſt le même en *A* qu'en *B*.

le 7 Octobre 1760.

LETTRE LXVI.

SUR ce que j'ai eu l'honneur de dire à V. A. du flux & reflux de la mer, elle verra que le ſyſtème de Newton, que j'ai ſuivi, eſt directement contraire à celui de Deſcartes. Suivant ce dernier, la lune agit par preſſion, & la mer devroit baiſſer aux endroits ſitués directement ſous elle; mais ſelon Newton, elle agit par attraction, & fait élever l'eau dans les mêmes lieux. L'expérience décideroit donc, lequel de ces deux ſyſtèmes pouvoit être admis. Il ne faudroit que conſulter les obſervations faites à l'égard de l'Océan, & voir ſi l'eau monte ou deſcend, quand la lune s'y

trouve au Zenith. On y a effectivement eu recours, mais on a remarqué que, quand la lune ſe trouve au Zenith ou au Nadir d'un lieu donné, l'eau n'y eſt ni haute ni baſſe, & que la haute mer n'arrive que quelques heures après que la lune a paſſé par le Zenith; d'où, gens qui n'examinent pas les choſes à fonds, ont d'abord tiré la concluſion, que ni l'un ni l'autre des deux ſyſtèmes n'étoit recevable; & les Carteſiens en ont tiré avantage, croyant que ſi celui de Newton étoit rejetté, celui de Deſcartes devoit néceſſairement être admis, quoique l'obſervation rapportée ſoit autant contraire au ſyſtème de Deſcartes, qu'elle paroît l'être à celui de Newton. Mais le ſyſtème de Deſcartes eſt renverſé par ce ſeul phénomène, que la mer ſe trouve toujours dans le même état après un terme de 12 heures 22 minutes, ou qu'il eſt toujours le même, ſoit que la lune ſe trouve au-deſſus ou au-deſſous de l'horizon; & qu'il eſt impoſſible à ſes défenſeurs de montrer comment, la lune étant ſur les têtes de nos antipodes, peut produire le même effet que quand elle ſe trouve au-deſſus des nôtres. On le voit *Tab. III. fig. 6.*

L'expérience prouve, que l'état de l'eau en *A* reſte le même; ſoit que la lune ſe trouve en *M*, ſon Zenith, ou en *N*, Nadir de *A*, & par conſéquent Zenith des antipodes en *B*. L'effet de la lune ſur l'eau en *A* eſt donc le même dans l'un & l'autre cas. Mais ſi la lune agit par preſſion, comme Deſcartes le prétend,

il faut que la lune étant en *M*, faſſe baiſſer l'eau en *A*, & ſi elle eſt en *N*, il eſt impoſſible que l'eau éprouve la même preſſion en *A*. Dans le ſyſtème d'attraction, au contraire, il eſt inconteſtable, que l'action de la lune doit être à-peu-près la même, ſoit que la lune ſe trouve en *M* ou en *N*, & c'eſt ce que font voir les obſervations. Je dois repetter ici une explication précédente, parce qu'elle eſt de la derniére importance. Lorſque la lune eſt en *M*, le point *A* eſt plus près d'elle que le centre *C*: il eſt donc plus fortement attiré que le centre *C*: le point *A* s'éloignera donc du centre : il s'élevera donc : donc la lune étant en *M* tend à élever les eaux en *A*. Voyons à préſent ce que fera la lune en *N*, où elle parvient 12 heures & 22 minutes après avoir été en *M*. Puiſque le point *A* eſt plus éloigné de la lune en *N* que le centre *C*, il y ſera plus foiblement attiré : le centre *C* s'avancera donc plus vîte vers *N* que le point *A*; donc la diſtance *AC* deviendra plus grande; le point *A* ſera donc plus éloigné du centre *C*; or s'éloigner du centre de la terre, c'eſt monter : par conſéquent la lune étant en *N*, fait monter le point *A*, ou tend à élever les eaux en *A*, comme ſi la lune étoit en *M*. L'expérience forme cependant ici une grande objection, puiſqu'on obſerve que la lune étant en *M*, ou en *N*, l'eau ne ſe trouve pas à ſa plus grande élevation en *A* : elle n'y arrive que quelque tems après ; ce qui a fait rejetter tout-à-fait cette explication par

quelques perſonnes. Mais V. A. comprendra facilement, que leur jugement eſt précipité. Je n'ai pas dit, que, quand la lune eſt en *M* ou en *N*, les eaux ſe trouvent à la plus grande hauteur en *A*; j'ai dit ſimplement, que la force de la lune tend alors à faire monter les eaux. Or les eaux ne ſauroient monter en *A*, que leur quantité ne ſoit augmentée : il faut donc qu'elles y coulent d'autres endroits, & même fort éloignés: il faut du tems pour qu'une quantité d'eau ſuffiſante ſe ſoit accumulée : il eſt donc très-naturel que la haute mer en *A* ne doit arriver que quelque tems après que la lune ſera paſſée par *M* ou *N*. Il s'en faut donc beaucoup que cette obſervation renverſe notre ſyſtème ; elle le confirme au contraire. Il n'eſt pas douteux que la force, qui tend à élever la mer, doit précèder ſa plus grande élevation, & même d'un tems aſſez conſidérable, puiſque les eaux doivent y couler d'endroits fort éloignés, c'eſt-à-dire, de ceux où l'eau doit être baſſe, quand elle eſt haute en *A*. Si les eaux doivent paſſer par des détroits, ou qu'elles rencontrent d'autres obſtacles dans leur courant, la haute mer ſera d'autant plus retardée; & ſi, dans l'Océan, la haute mer arrive en *A* deux heures après que la lune a paſſé par *M* ou *N*, elle n'arrive que trois ou pluſieurs heures après dans des mers plus reſſerrées : ce qui s'accorde parfaitement avec les obſervations.

le 11 *Octobre* 1760.

LETTRE LXVII.

V. A. ne doit plus douter que le flux & reflux de la mer ne ſoit cauſé par la force attractive de la lune; mais il reſte cette difficulté à lever encore, pourquoi l'agitation de la mer eſt beaucoup plus conſidérable au tems de la nouvelle & de la pleine lune, qu'à celui de ſes quartiers. Si la lune étoit plus près de la terre lorſqu'elle eſt nouvelle ou pleine, que quand elle eſt dans ſes quartiers, il n'y auroit point de difficulté, puiſque ſa proximité augmenteroit ſa force. Mais quoique la lune s'approche, tantôt plus, tantôt moins de la terre, la diférence ſeroit toujours trop petite pour occaſionner un changement ſi conſidérable dans le flux & reflux de la mer. De plus, cette diférence ne ſe règle pas ſur les nouvelles & pleines lunes; & il peut arriver que, la lune étant dans ſes quartiers, ſoit plus près de nous, que lorſqu'elle eſt pleine ou nouvelle. Il faut donc recourir à une autre cauſe, capable d'augmenter le flux & reflux de la mer dans les nouvelles & pleines lunes, & de le diminuer dans les quartiers. Le ſyſtème d'attraction nous montre d'abord que c'eſt la force attractive du ſoleil, qui jointe à celle de la lune fournit la ſolution complette de tous les phénomènes que le flux & reflux de la mer nous préſentent. En effet, tout ce

que j'ai exposé sur la force de la lune pour mettre la mer en agitation, est encore applicable au soleil, dont la force attractive agit aussi sur toutes les parties de la terre, en attirant avec plus de force celles qui en sont plus proches que les plus éloignées. La force du soleil est même beaucoup supérieure à celle de la lune, puisqu'elle règle principalement le mouvement de la terre, & lui fait parcourir son orbite. Quant à l'agitation qu'elle occasionne dans la mer, elle dépend de l'inégalité de ces forces, en tant que les points de la surface de la terre sont plus ou moins attirés vers le soleil que son centre, ainsi que je l'ai déja fait voir en expliquant l'action de la lune. Si toutes les parties de la terre étoient attirées également, il ne résulteroit aucun changement dans leur situation mutuelle. Mais quoique la force du soleil soit beaucoup supérieure à celle de la lune, l'inégalité, par rapport aux diverses parties de la terre, est néanmoins plus petite, par la grande distance du soleil, qui est environ 300 fois plus éloigné de la terre que la lune. La diférence qui se trouve entre la force, dont le centre de la terre & les points de sa surface sont attirés vers le soleil, est donc très-petite, & après le calcul, on la trouve près de trois fois inférieure à l'inégalité des forces de la lune: la force attractive du soleil seule seroit donc aussi capable de causer le flux & reflux de la mer, mais environ trois fois plus petit que celui qui est

causé

caufé par la lune. Il eft donc évident, que le flux & reflux de la mer eft une production compliquée de la force de la lune & de celle du foleil; ou qu'il y a réellement deux marées, caufées l'une par la lune & l'autre par le foleil, nommées marée lunaire, & marée folaire. Celle de la lune, à-peu-près trois fois plus grande, fuit fon mouvement, & rétarde d'un jour à l'autre de trois quarts d'heures; & celle qui fuit le mouvement du foleil, répondroit toujours aux mêmes heures du jour, fi elle éxiftoit feule, ou s'il n'y avoit point de lune. Ces deux marées, la lunaire & la folaire enfemble, produifent donc le flux & reflux de la mer; mais comme l'une & l'autre féparément, font élever & baiffer alternativement la mer, quand il arrive que ces deux caufes opèrent conjointément à hauffer & baiffer la mer, fon flux & reflux devient d'autant plus confidérable; mais quand l'une tend à élever la mer & que l'autre la fait baiffer au même endroit, enforte que leurs effets font contraires, l'une alors fera diminuée par l'autre, & la marée lunaire le fera par la folaire. Selon donc, que ces deux marées font d'accord enfemble, ou contraires l'une à l'autre, le flux & reflux fera plus ou moins confidérable. Et comme dans les nouvelles lunes le foleil & la lune fe trouvent aux mêmes lieux du ciel, leurs effets font parfaitement d'accord, & le flux & reflux doit être alors le plus grand, étant égal à la fomme de deux marées. C'eft

ce qui aura lieu encore dans les pleines lunes, lorſque la lune eſt oppoſée au ſoleil, puiſque nous ſavons qu'elle produit le même effet, quoiqu'elle ſe trouve en deux lieux du ciel directement oppoſés : le flux & reflux doit donc être le plus grand, dans les nouvelles & dans les pleines lunes. C'eſt le contraire dans le premier & le dernier quartier de la lune. Lorſque la marée lunaire élève les eaux, la ſolaire les abaiſſe, & réciproquement : il eſt donc clair qu'alors le flux & reflux doit être le plus petit, comme on le voit par les obſervations. On peut encore démontrer par le calcul, que l'effet de la lune ou du ſoleil, eſt un peu plus grand, lorſque ces corps ſe trouvent dans l'équateur du ciel, ou qu'ils ſont également éloignés des deux poles du monde, ce qui arrive au tems des équinoxes, vers la fin des mois de Mars & de Septembre : auſſi obſerve-t-on que les marées ſont alors les plus violentes. Il ne reſte donc plus aucun doute, que les marées, ou le flux & reflux de la mer, ſont cauſés par la force attractive de la lune & du ſoleil, en tant que ces forces agiſſent inégalement ſur les diverſes parties de la mer ; & l'heureuſe explication de ce phénomène, qui avoit ſi fort embarraſſé nos encêtres, confirme pleinement le ſyſtème d'attraction, ou gravitation univerſelle, ſur lequel eſt fondé le mouvement de tous les corps céleſtes.

le 14 Octobre 1760.

LETTRE LXVIII.

APRÈS avoir donné à V. A. une idée générale, mais complette, des forces qui produisent les principaux phénomènes dans le monde, & sur lesquelles sont fondés les mouvemens de tous les corps célestes, il est important de considérer plus éxactement ces forces que renferme le système d'attraction. On suppose dans ce système que tous les corps s'attirent mutuellement, en raison de leur masse, & rélativement à leur distance, suivant la loi que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. L'heureuse explication de la plûpart des phénomènes de la nature prouve suffisamment, que cette supposition est fondée solidement, & qu'on peut regarder comme le fait le mieux constaté, que les corps s'attirent tous les uns les autres. Il s'agit à présent d'approfondir la véritable source de ces forces attractives, ce qui appartient plutôt à la métaphysique qu'aux mathématiques; & je ne saurois me flatter d'y réussir aussi bien.

Puisqu'il est sûr, que deux corps quelconques sont attirés l'un vers l'autre, on demande la cause de ce penchant mutuel; c'est sur quoi les sentimens sont fort partagés. Les philosophes Anglois soutiennent, que c'est une propriété essentielle de tous les corps de s'attirer mutuellement, un penchant naturel qu'ils

ont tous les uns pour les autres, en vertu duquel ils s'efforcent de s'approcher, comme s'ils étoient pourvus de ſentiment ou de déſir. D'autres philoſophes regardent ce ſentiment comme abſurde, & contraire aux principes d'une philoſophie raiſonnable. Ils ne nient pas le fait; ils tombent même d'accord qu'il éxiſte des forces qui pouſſent les corps les uns vers les autres, mais ils ſoutiennent qu'elles agiſſent de dehors ſur les corps, & qu'elles ſe trouvent dans l'éther, ou dans cette matiére ſubtile qui environne tous les corps, comme nous voyons qu'un corps plongé dans un fluide peut en recevoir pluſieurs impreſſions qui le mettent en mouvement. Ainſi, ſuivant les premiers, la cauſe de l'attraction réſide dans les corps mêmes & dans leur propre nature; &, ſelon les derniers, hors des corps, dans le fluide ſubtil qui les environne. Dans ce cas le nom d'attraction ſeroit peu propre, il faudroit dire plutôt, que les corps ſont pouſſés les uns vers les autres. Mais puiſque l'effet eſt le même, ſoit que deux corps ſoient pouſſés ou attirés réciproquement, le nom d'attraction ne doit pas choquer, pourvu qu'on ne veuille pas décider par-là ſur la nature même de la cauſe. Pour éviter toute confuſion qui pourroit réſulter de la façon de parler, on devroit plutôt dire, que les corps ſe meuvent comme s'ils s'attiroient mutuellement les uns les autres. On laiſſeroit alors indécis ſi les forces qui agiſſent ſur les corps,

résident dans les corps mêmes, ou hors d'eux. Par cette maniére de parler, chaque parti pourroit être content. Arrêtons - nous aux corps que nous rencontrons sur la surface de la terre. Personne ne sauroit douter, que tous ces corps ne tombassent en-bas, dès qu'ils ne seroient plus soutenus: & c'est sur la véritable cause de cette chûte, que roule la question. Les uns disent, que c'est la terre qui attire ces corps, par une force qui lui appartient en vertu de sa nature; les autres, que c'est l'éther, ou quelqu'autre matiére subtile & invisible, qui pousse les corps en-bas, de-sorte que l'effet est néanmoins le même dans l'un & l'autre cas. Ce dernier sentiment plait davantage à ceux qui aiment des principes clairs dans la philosophie, puisqu'ils ne voient pas comment deux corps éloignés l'un de l'autre peuvent agir l'un sur l'autre, s'il n'y a rien entr'eux. Les autres recourent à la Toute-Puissance divine, & soutiennent que Dieu a revêtu tous les corps d'une force capable de s'attirer mutuellement. Quoiqu'il soit dangereux de vouloir disputer sur ce que Dieu auroit pu faire, il est néanmoins certain, que si l'attraction étoit un ouvrage immédiat de la Toute-Puissance divine, sans être fondée dans la nature des corps, ce seroit comme si l'on disoit que Dieu pousse immédiatement les corps les uns vers les autres, & ce seroient des miracles continuels. Supposons, qu'avant la création du monde Dieu n'eût créé que deux

corps éloignés l'un de l'autre, qu'il n'exiſtât abſolument rien hors d'eux, & qu'ils fuſſent en repos; ſeroit il poſſible que l'un s'approchât de l'autre, ou qu'ils euſſent un penchant à s'approcher? Comment l'un ſentiroit-il l'autre dans l'éloignement? Comment pourroit-il avoir un déſir de s'en approcher? Ce ſont des idées qui révoltent; mais dès qu'on ſuppoſe que l'eſpace entre les corps eſt rempli d'une matiére ſubtile, on comprend d'abord que cette matiére peut agir ſur les corps en les pouſſant: l'effet ſeroit le même que s'ils s'attiroient mutuellement. Puis donc que nous ſavons, que tout l'eſpace entre les corps céleſtes eſt rempli d'une matiére ſubtile qu'on nomme l'éther, il ſemble plus raiſonnable d'attribuer l'attraction mutuelle des corps à une action que l'éther y éxerce, quoique la maniére nous ſoit inconnue, que de recourir à une qualité inintelligible. Les anciens philoſophes ſe ſont contentés d'expliquer les phénomènes du monde par des qualités qu'ils ont nommées occultes, en diſant, par éxemple, que l'opium fait dormir par une qualité occulte qui le rend propre à procurer le ſommeil: c'étoit ne rien dire du tout, ou plutôt vouloir cacher ſon ignorance; on devroit donc auſſi regarder l'attraction comme une qualité occulte, en tant qu'on la donne pour une propriété eſſentielle des corps: mais comme l'on tâche de bannir aujourd'hui de la philo-

ſophie toutes les qualités occultes, l'attraction ne doit point être conſidérée dans ce ſens.

le 18 *Octobre* 1760.

LETTRE LXIX.

La diſpute métaphyſique, ſi les corps peuvent être doués de la force interne de s'attirer les uns les autres, ſans être pouſſés par une force extérieure, ne ſauroit être terminée ſans une diſcuſſion plus particuliére ſur la nature des corps en général. Comme cette matiére eſt de la derniére importance; non-ſeulement dans les mathématiques & la phyſique, mais dans toute la philoſophie, V. A. ne trouvera pas mauvais que je m'étende un peu ſur ce ſujet.

D'abord, on demande ce que c'eſt qu'un corps? Quelqu'abſurde que paroiſſe cette queſtion, puiſque perſonne n'ignore la diférence qu'il y a entre ce qui eſt corps & ce qui ne l'eſt pas, il eſt pourtant difficile d'approfondir les vrais caractères qui conſtituent la nature des corps. Les Cartéſiens diſent qu'elle conſiſte dans l'étendue, & que tout ce qui eſt étendu eſt un corps. Ils entendent bien une étendue à trois dimenſions, & ſont aſſez bons géomètres, pour ſavoir qu'une ſeule dimenſion, ou une étendue ſelon la ſeule longueur, ne donne qu'u-

ne ligne, & que deux dimenſions, où il n'y a que longueur & largeur, ne forment qu'une ſurface, qui n'eſt pas encore un corps. Pour conſtituer un corps, il faut donc trois dimenſions, & tout corps doit avoir une longueur, une largeur & une profondeur ou épaiſſeur, c'eſt-à-dire, une étendue à trois dimenſions. Mais on demande en même tems, ſi tout ce qui a cette étendue, eſt un corps? Ce qui devroit être, ſi la définition de deſcartes étoit juſte. L'idée que le peuple ſe forme des ſpectres, renferme bien une étendue, & cependant on nie que ce ſoient des corps. Quoique cette idée ſoit purement imaginaire, elle ſert pourtant à prouver que quelque choſe pourroit avoir une étendue, ſans être un corps. Outre cela, l'idée que nous avons de l'eſpace, renferme ſans-doute une étendue à trois dimenſions, on convient néanmoins que l'eſpace ſeul n'eſt pas un corps; il ne fait que fournir la place que les corps occupent & rempliſſent. Suppoſons, que tous ceux qui ſe trouvent à préſent dans ma chambre, & même l'air qui y eſt, ſoient anéantis par la Toute-Puiſſance divine; il y aura encore dans ma chambre la même longueur, largeur, & profondeur, ſans qu'il y ait aucun corps. Voilà donc la poſſibilité d'une étendue qui ne ſeroit pas corps. Un tel eſpace ſans corps s'apelle un vuide; un vuide eſt donc une étendue ſans corps. Auſſi dit-on ſuivant la ſuperſtition du peuple, qu'un ſpec-

tre a bien une étendue, mais que le corps ou la corporalité lui manque: il eſt donc clair, qu'il ne ſuffit pas d'être étendu, & qu'il faut quelque choſe de plus encore pour conſtituer un corps; d'où ſuit, que la définition des Cartéſiens n'eſt pas ſuffiſante. Mais qu'eſt-il requis, outre l'étendue, pour former un corps? On répond que c'eſt la mobilité, ou la poſſibilité d'être mis en mouvement; car, quoiqu'un corps ſoit en répos, & qu'il s'y tienne très-ferme, il ſeroit pourtant poſſible de le mouvoir, pourvû qu'il y eût des forces ſuffiſantes. On exclud par-là l'eſpace de la claſſe des corps, puiſqu'on comprend que l'eſpace, qui ne ſert qu'à recevoir les corps, reſte immobile, quelque mouvement que puiſſent avoir les corps qu'il contient. On dit auſſi que, par le mouvement, les corps ſont tranſportés d'un lieu dans un autre; par où l'on donne à entendre que les lieux & l'eſpace demeurent inaltérables: cependant ma chambre, avec le vuide que j'ai ſuppoſé ci-deſſus, pourroit bien être mue, & l'eſt bien effectivement, puiſqu'elle ſuit le mouvement qui emporte la terre elle-même; voilà donc un vuide en mouvement ſans être corps. Auſſi la ſuperſtition accorde-t-elle du mouvement aux ſpectres, & cela ſuffit pour prouver, que la mobilité & l'étendue ne conſtituent pas ſeules la nature du corps. Il faut quelque choſe de plus; il faut de la matiére pour conſtituer un corps; ou plutôt c'eſt elle qui diſtingue un corps

réel d'une ſimple étendue ou d'un ſpectre. Nous voilà donc réduits à expliquer ce que c'eſt que la matiére, ſans qui l'étendue ne ſauroit être corps. Or la ſignification de ces deux termes eſt tellement la même, que tout corps eſt matiére, & que toute matiére eſt corps, ainſi nous ne ſommes guères avancés. On découvre cependant aiſément un caractère général, qui convient à toute matiére, & par conſéquent à tout corps; c'eſt *l'impénétrabilité*, l'impoſſibilité d'être pénètré par d'autres corps, ou l'impoſſibilité que deux corps occupent à la fois la même place. En effet, c'eſt l'impénètrabilité qui manque au vuide ou aux ſpectres, pour n'être pas corps, & ſi un ſpectre, quelqu'imaginaire qu'il ſoit, étoit impénètrable, c'eſt-à-dire, ſi on ne pouvoit y paſſer la main, ſans rencontrer quelques obſtacles, on n'héſiteroit pas de le ranger dans la claſſe des corps; mais dès qu'on le regarde comme pénètrable, on nie ſa corporalité. Peut-être objectera-t-on, qu'on paſſe bien la main à travers l'eau & l'air, qui ſont pourtant reconnus pour corps; ce ſeroient donc des corps pénètrables, & l'impénètrabilité ne ſeroit plus un caractère néceſſaire des corps. Mais il faut bien remarquer que, quand on paſſe la main par l'eau, les particules de l'eau cèdent à la main, & qu'où eſt la main, il n'y a plus d'eau. Si la main pouvoit traverſer l'eau, ſans que l'eau lui cédât la place, en reſtant dans le même lieu où ſe trouve la main,

alors elle ſeroit pénètrable; mais il eſt clair que cela n'arrive point. Les corps ſont donc très-impénètrables, un corps exclut donc toujours du lieu qu'il occupe tout autre corps, & dès qu'un corps entre dans une place, il faut abſolument que celui qui l'occupoit la quitte. C'eſt ainſi qu'il faut entendre le terme d'impénètrabilité.

le 21 *Octobre* 1760.

LETTRE LXX.

V. A. m'objectera peut-être, contre l'impénètrabilité des corps, l'éxemple d'une éponge, qui, plongée dans l'eau, en paroît entiérement pénètrée; mais il s'en faut bien, que les particules de l'éponge le ſoient tellement, qu'une particule d'eau occupe la même place avec une particule de l'éponge. On ſait plutôt, que l'éponge eſt un corps très-poreux, & qu'avant d'être miſe dans l'eau, ſes pores ſont remplis d'air; dès que l'eau entre dans les pores de l'éponge, l'air en eſt chaſſé, & monte en forme de petites bulles, deſorte que, dans ce cas, il n'arrive aucune pénètration, ni de l'air par l'eau, ni de l'eau par l'air, celui-ci s'échappant toujours des lieux où l'eau entre. C'eſt donc une propriété générale & eſſentielle de tous les corps, d'être impénètrables; & par conſéquent on doit convenir de

la justesse de cette définition : qu'un corps est une étendue impénêtrable, puisque non-seulement tous les corps sont étendus & impénètrables, mais aussi réciproquement, que tout ce qui est en même tems étendu & impénètrable, est sans contredit un corps. Le vuide est exclu par-là de la classe des corps ; car quoiqu'il ait de l'étendue, l'impénêtrabilité lui manque, & où il y a du vuide, on peut y mettre des corps, sans que rien soit chassé de sa place ; & on n'exclut un spectre, quoiqu'imaginaire de la classe des corps, que parce qu'il est pénètrable ; car dès qu'on s'imagineroit qu'il fût impénêtrable, on devroit lui accorder une place parmi les corps. Il faut encore lever une autre difficulté qu'on fait contre l'impénètrabilité des corps. Il y a, dit-on, des corps qui se laissent comprimer dans un moindre espace, comme par exemple la laine, & sur-tout l'air, que nous savons qu'il se laisse comprimer dans un espace jusqu'à mille fois plus petit. Il semble donc, que les diverses particules d'air sont réduites dans le même lieu, & que par conséquent elles se pénètrent mutuellement ; il n'en est rien cependant, car l'air est aussi un corps, ou une matiére remplie de pores vuides, ou pleins de ce fluide incomparablement plus subtil, qu'on nomme l'éther. Dans le premier cas, il ne se fera aucune pénètration, puisque les particules d'air ne font que s'approcher davantage entr'elles, en diminuant les vuides ; & dans l'autre cas, l'éther trouve

assez de petits passages pour échapper, quand les pores sont comprimés, & que les particules d'air s'approchent; toujours cependant sans se pénètrer mutuellement. C'est pourquoi il faut employer une plus grande force, quand on veut comprimer l'air davantage : & s'il étoit possible de le comprimer au point que toutes ses particules se touchassent, il ne le sera pas de le comprimer davantage, quelque force qu'on voulût y employer; parce qu'une plus grande compression demanderoit la pénêtration de la propre matiére de l'air. C'est donc une loi nécessaire & fondamentale dans la nature, que deux corps ne sauroient se pénêtrer mutuellement, ou être réduits dans le même lieu; & c'est d'après ce principe qu'il faut chercher la véritable source de tous les mouvemens, & des changemens que nous observons dans celui de tous les corps. Dès que deux corps ne sauroient continuer leur mouvement sans se pénêtrer, il faut absolument que l'un fasse place à l'autre. Si donc deux corps se meuvent sur une même ligne, l'un à gauche l'autre à droite, comme il arrive souvent au billard, & que chacun continuât son mouvement, ils devroient se pénêtrer mutuellement; mais cela étant impossible, dès que deux corps viennent à se toucher, il se fait un choc, par lequel le mouvement de chaque corps est changé presque subitement; & ce choc n'est opéré dans la nature, que pour prévenir la pénètration. Le

mouvement de chaque corps n'eſt préciſément changé, qu'autant qu'il le faut pour empêcher toute pénêtration; & c'eſt en quoi conſiſte la véritable cauſe de tous les changemens qui arrivent dans le monde. Quand on conſidère attentivement tous ces changemens, on trouve toujours qu'ils ont lieu pour prévenir quelque pénêtration, qui auroit dû ſe faire, ſans ces changemens. Au moment que j'écris je remarque, que, ſi le papier étoit pénêtrable, ma plume le traverſeroit librement ſans écrire; mais comme le papier ſoutient la preſſion de ma plume humectée d'encre, il en reçoit quelques parties qui forment ces lettres; ce qui n'arriveroit pas, ſi les corps ſe pénètroient. Cette propriété de tous les corps, connue ſous le nom d'impénêtrabilité, eſt donc, non-ſeulement de la dernière importance à l'égard de toutes nos connoiſſances, mais elle contient auſſi le grand reſſort, par lequel la nature opère toutes ſes productions. Elle mérite donc d'être attentivement éxaminée, pour pouvoir expliquer plus clairement à V. A. la nature des corps, & les principes de tous les mouvemens, qu'on nomme loix du mouvement, tant vantées par les philoſophes.

le 25 Octobre 1760.

LETTRE LXXI.

TOUT corps eſt en repos, ou en mouvement. Quelqu'évidente que paroiſſe cette diſtinction, il eſt prèſqu'impoſſible de juger ſi un corps ſe trouve dans l'un ou l'autre état. Le papier que je vois ſur ma table, me ſemble effectivement en repos; mais quand je réflèchis que la terre entiére ſe meut avec cette grande vîteſſe que j'ai eu l'honneur d'expoſer à V. A. il faut abſolument que ma maiſon, ma table & ce papier, ſoient emportés par le même mouvement: ainſi tout ce qui nous paroît être en repos, a véritablement le même mouvement que la terre. Il faut donc diſtinguer entre le véritable repos & le repos apparent. Le *vrai repos* eſt, lorſqu'un corps demeure conſtamment dans le même lieu, non par rapport à la terre, mais par rapport à l'univers. Si les étoiles fixes demeuroient toujours aux mêmes lieux de l'univers, elles ſeroient en repos, quoiqu'elles ſemblent ſe mouvoir bien rapidement; mais comme on n'en eſt pas certain, on ne peut pas dire que les étoiles fixes ſe trouvent dans un vrai repos. Ce qu'on nomme *repos apparent* eſt, lorſqu'un corps conſerve la même ſituation ſur la terre; on dit alors qu'il eſt en repos, mais il faut l'entendre d'un repos apparent. Il eſt à préſumer auſſi, que ces termes de repos & de

mouvement ſe ſont introduits dans la langue, pour marquer plutôt l'apparence que la vérité: & dans ce ſens je puis dire hardiment, que ma table eſt en repos, de même que toute la terre, & que le ſoleil & les étoiles fixes ſont en mouvement, & même dans un mouvement fort rapide, quoiqu'ils ſoient peut-être véritablement en repos. Ce ſeroit donc attribuer aux termes des idées étrangéres & purement philoſophiques, que de vouloir les confondre avec ceux de vrai repos & de vrai mouvement: & il eſt fort ridicule d'employer, comme quelques perſonnes, des paſſages de l'écriture ſainte, pour prouver que la terre eſt en repos, & le ſoleil en mouvement. Toutes les langues ſont introduites pour l'uſage du peuple, & les philoſophes ſont obligés de ſe former une langue particuliére. Puiſque nous ne ſaurions juger du repos vrai, il eſt très-naturel que nous jugions en repos les corps qui conſervent la même ſituation à l'égard de la terre, comme il eſt très-vraiſemblable que les habitans des autres planètes jugent auſſi du repos, par la même ſituation à l'égard de leur planète. Nous voyons que ceux qui voyagent par mer, eſtiment en repos les choſes qui conſervent la même ſituation à l'égard de leur vaiſſeau, & que les côtes qu'ils découvrent, leur ſemblent être en mouvement; ſans qu'on puiſſe leur faire des reproches ſur cette maniére de parler. Il y a donc une grande diférence entre le repos &

le

le mouvement vrais ou absolus, & entre le repos & le mouvement apparens ou rélatifs à un corps, qu'on considère alors comme s'il étoit en repos, quoique peut-être il soit en mouvement. Les principes ou loix du mouvement se rapportent principalement à l'état absolu des corps, c'est-à-dire, à leur repos ou à leur mouvement, vrai ou absolu. Pour découvrir ces loix, on commence par considérer un corps seul, abstraction faite de tous les autres, comme s'ils n'éxistoient point.

Cette hypothèse, quoiqu'impossible, peut faire distinguer ce qui est opéré par la nature du corps même, de ce que d'autres corps peuvent opérer sur lui. Soit donc un corps seul & en repos; on demande, s'il demeurera en repos, ou s'il commencera à se mouvoir? Comme il n'y a aucune raison qui le porte à se mouvoir d'un côté plutôt que d'un autre, on conclud qu'il demeurera toujours en repos. La même chose doit arriver, supposant l'éxistence d'autres corps, pourvû qu'ils n'agissent point sur le corps en question; d'où suit cette loi fondamentale: *quand un corps se trouve une fois en repos, & que rien au-dehors n'agit sur lui, il demeurera toujours en repos; & s'il commençoit à se mouvoir, la cause de son mouvement seroit hors de lui, desorte qu'il n'y a rien dans le corps même, qui soit capable de le mettre en mouvement.* Quand donc, nous voyons qu'un corps, qui a été en repos, commence à se mouvoir, nous pou-

vons être aſſûrés que ce mouvement a été cauſé par une force extérieure, puiſqu'il n'y a rien dans le corps même qui ſoit capable de le mettre en mouvement, & que s'il étoit ſeul, & ſans communication avec d'autres corps, il ſeroit toujours reſté en repos. Quelque fondée que ſoit cette loi, qui pourroit aller de pair avec les vérités géométriques, il y a des gens peu accoutumés à éxaminer les choſes, qui prétendent que l'expérience lui eſt contraire. Ils alléguent l'éxemple d'un fil auquel pend une pierre, qui eſt en repos, mais qui tombe dès qu'on coupe le fil. Il eſt certain, diſent-ils, que l'action par laquelle on coupe le fil, n'eſt pas capable de faire mouvoir la pierre; il faut donc que la pierre tombe par une force qui lui eſt propre & interne. Le fait eſt certain, mais il eſt clair auſſi, que la gravité eſt cauſe de la chûte, & non une force interne dans la pierre. Ils diſent encore que la gravité pourroit être une force intrinſèque attachée à la nature de la pierre, ſur quoi il faut remarquer, que la gravité eſt produite, ou par une matiére ſubtile, ou par l'attraction de la terre. Dans le premier cas, c'eſt certainement cette matiére ſubtile qui cauſe la chute de la pierre: dans le ſecond, qui paroît favorable à nos adverſaires, on ne ſauroit dire non plus que la pierre tombe par une force intrinſèque; c'eſt plutôt la terre qui en contient la cauſe, & qui opère la chûte de la pierre par ſa force attractive; car s'il n'y

avoit point de terre, ou que la terre fut dépouillée de ſa force attractive, ils conviennent que la pierre ne tomberoit pas. Il eſt donc certain, que la cauſe de la chûte ne réſide pas dans la pierre même : c'eſt donc toujours une cauſe externe, ſoit qu'elle ſe trouve dans la matiére ſubtile, ou dans la terre, ſuppoſé qu'elle ſoit douée d'une force attractive, comme les partiſans de l'attraction le prétendent. Cette difficulté levée, la loi que je viens d'établir ſubſiſte, ſavoir, qu'un corps, une fois en repos, y demeurera toujours, à moins qu'il ne ſoit mis en mouvement par quelque cauſe étrangére. Cette loi doit avoir lieu, pourvu que le corps ait été, pendant un ſeul inſtant, en repos, quoiqu'il ſe ſoit auparavant trouvé en mouvement; & dès qu'une fois il a été réduit au repos, il conſervera toujours cet état, à moins, qu'il ne ſurvienne quelque cauſe étrangére qui le mette en mouvement. Ce principe étant le fondement de toute la méchanique, il étoit néceſſaire de le conſtater le plus ſolidement qu'il m'a été poſſible.

le 28 Octobre 1760.

LETTRE LXXII.

JE reviens à ce corps placé de maniére à n'avoir aucune liaiſon avec aucun autre. Suppoſons que ce corps ait reçu quelque mouvement, par quelque cauſe que ce ſoit; il s'agit de ſavoir ce qui lui arrivera dans la ſuite; continuera-t-il à ſe mouvoir? Ou reſtera-t-il en repos, ſubitement, ou après quelque tems? V. A. doit comprendre que cette queſtion eſt fort importante, & que toutes les recherches, que nous faiſons ſur le mouvement des corps, en dépendent. Examinons ſi, par la voie du raiſonnement, nous pouvons parvenir à ſa déciſion. Comme le repos eſt la demeure d'un corps au même endroit, le mouvement eſt le paſſage d'un lieu dans un autre; & lorſqu'un corps paſſe d'un lieu dans un autre, on dit qu'il eſt en mouvement. Or il y a deux choſes à diſtinguer en tout mouvement, la direction & la vîteſſe. La direction eſt le lieu vers lequel le corps eſt porté par le mouvement; & la vîteſſe eſt la qualité par laquelle on dit qu'il parcourt, dans un certain tems, plus ou moins d'eſpace. Je ſuis aſſûré que V. A. a là-deſſus des idées plus juſtes que je ne pourrois lui en fournir par une plus ample explication. Je remarque ſeulement que, tant qu'un corps conſerve la même direction, il ſe meut ſelon une ligne droite; & réciproque-

ment, tant qu'un corps ſe meut ſelon une ligne droite, il conſerve la mème direction: mais quand il ſe meut ſuivant une ligne courbe, il change continuellement de direction.

Si donc un corps *Tab. III. fig.* 7. ſe meut dans la ligne courbe *ABC*, lorſqu'il eſt en *A*, ſa direction eſt la petite ligne *Aa*; lorſqu'il eſt en *B*, ſa direction eſt la petite ligne *Bb*: & en *C*, la petite ligne *Cc*. On prolonge alors ces petites lignes, dont les continuations ſont marquées par les lignes droites ponctuées *AL*, *BM*, *CN*; & l'on dit, que lorſque le corps paſſe par *A*, ſa direction eſt la ligne droite *AL*, puiſque, ſi le corps conſervoit la même direction qu'il a en *A*, il ſeroit mû ſelon la ligne droite *AL*. Il eſt donc clair qu'il ne ſe meut par la ligne courbe, qu'autant qu'il change continuellement ſa direction. Et quand il parvient en *B*, & en *C*, la direction, dont il s'écarte, eſt exprimée par les lignes droites *BM* & *CN*.

Quant à la vîteſſe du mouvement dans un corps, V. A. comprend aiſément ce que c'eſt que de conſerver toujours la même vîteſſe: c'eſt ce qui arrive lorſque le corps ſe meut toujours également vîte, ou qu'il parcourt en tems égaux des chemins égaux. Ce mouvement s'appelle *uniforme*. Ainſi, par éxemple; ſi un corps ſe meut de maniére qu'il parcourre toujours dix pieds pendant chaque ſeconde, on dit que ce mouvement eſt uniforme; ſi un autre corps parcouroit vingt pieds par ſeconde,

ſon mouvement ſeroit auſſi uniforme, mais ſa vîteſſe ſeroit deux fois plus grande que la précédente. De ce que je viens de dire ſur le mouvement uniforme, il eſt aiſé de comprendre ce que c'eſt qu'un mouvement qui n'eſt pas uniforme; car lorſque la vîteſſe d'un corps n'eſt pas égale, ſon mouvement n'eſt pas uniforme. En particulier, quand la vîteſſe d'un corps va en augmentant, ſon mouvement ſe nomme *accéleré*; & quand elle diminue continuellement, on dit qu'il eſt *rétardé*. Dans ce dernier cas, il pourroit arriver que la vîteſſe diminuât tellement, que le corps ſeroit enfin en repos.

Ces remarques ſur la vîteſſe & la direction établies, je reviens au corps iſolé, que je ſuppoſe mis en mouvement par quelque cauſe que ce ſoit. Lorſqu'il a commencé à ſe mouvoir, il aura eu une certaine direction & une certaine vîteſſe; & l'on demande ſi, dans la ſuite, il conſervera la même direction & la même vîteſſe, ou s'il ſouffrira quelque altération? On ne ſauroit dire qu'il ſera réduit au repos dès le premier inſtant; car dans ce cas il n'auroit eu aucun mouvement, tout mouvement ſuppoſant une durée, quelque petite qu'elle ſoit. Or tant que le mouvement dure, il eſt certain que la direction demeurera la même; en effet, on ne ſauroit concevoir pourquoi le corps ſe détourneroit de ſa route d'un côté plutôt que d'un autre; & puiſque rien n'arrive ſans raiſon; il s'enſuit que le corps en

question conservera toujours la même direction, ou, que son mouvement se fera sur une ligne droite, ce qui est déja un grand article pour décider la question. On soutient aussi que la vîtesse du corps; dont je parle, ne sauroit changer, parce qu'il faudroit qu'elle augmentât ou qu'elle diminuât; & qu'il n'y auroit aucune raison qui put produire ce changement; d'où l'on conclud, que ce corps continuera à se mouvoir toujours avec la même vîtesse, & suivant la même direction, ou qu'il marchera continuellement suivant une ligne droite, sans s'en détourner jamais, & toujours également vîte. Ce mouvement se fera donc toujours sur une ligne droite & avec une égale vîtesse, sans être jamais ralenti ou retardé; le corps ne sera donc jamais réduit au repos. Ce que j'ai dit d'un corps, que j'ai supposé seul, arriveroit de même à notre globe, si d'autres corps n'y avoient aucune influence, puisqu'il en seroit alors comme s'ils n'éxistoient pas. Voilà donc la question résolue: un corps en mouvement, le conservera toujours avec la même direction & la même vîtesse, à moins qu'il ne survienne quelque cause externe, capable de le troubler dans la continuation de son mouvement. Donc, tant qu'un corps n'est pas soumis à l'action de quelque cause externe, il y demeurera en repos, s'il a été une fois en repos, ou il sera mû suivant une ligne droite toujours avec la même vîtesse, s'il a été mis une fois en mouvement;

& c'eſt là la premiére & principale loi de la nature, ſur laquelle doit être fondée toute la ſcience du mouvement. Nous en tirons d'abord cette conſéquence, que toutes les fois que nous voyons un corps qui étoit en repos ſe mouvoir, ou un corps qui ſe meut ſelon une ligne courbe, ou dont la viteſſe change, il eſt certain qu'une cauſe externe agit ſur lui. Il ne ſauroit arriver aucun changement, ni dans la direction, ni dans la viteſſe, qu'il ne ſoit opéré par une cauſe externe.

le 1 *Novembre* 1760.

LETTRE LXXIII.

QUELQUE ſolidement établie que ſoit la vérité du principe, que tout corps mis en mouvement, continue à ſe mouvoir avec la même direction & la même viteſſe, s'il ne ſurvient pas quelque cauſe extérieure qui dérange ce mouvement, elle eſt néanmoins attaquée par quelques philoſophes, qui n'ont jamais fait de grands progrès dans la ſcience du mouvement, pendant que ceux à qui nous ſommes redevables de toutes les grandes decouvertes qui ont été faites dans cette ſcience, conviennent unanimément, que toutes leurs recherches ſont uniquement fondées ſur ce principe. Il eſt combattu par deux ſectes de philoſophes, dont je vais expoſer & refuter les objections.

Les uns disent que tous les corps ont un panchant naturel pour le repos, qui est leur état naturel, & que le mouvement est pour eux un état violent, ensorte que, quand un corps est mis en mouvement, il incline par sa propre nature à retourner à l'état de repos; & qu'il fait des efforts pour arrêter le mouvement, sans y être forcé par quelque cause externe ou étrangére. Ils alléguent en preuve l'expérience, si convaincante selon eux, que nous ne connoissons aucun mouvement dans la nature, où l'on ne remarque très-visiblement cette repugnance naturelle. Ne voyons-nous pas, disent-ils, sur le billard, qu'avec quelque force que nous poussions une bille, son mouvement se ralentit assez promtement, & qu'elle rentre bientôt dans le repos. Dès que le mouvement d'une horloge n'est plus entretenu par la force externe dont elle est montée, il s'arrête & reste en repos. On remarque dans toutes les machines en général, que leur mouvement ne dure pas plus long-tems que les forces externes dont elles sont agitées. Ils en concluent que tant s'en faut qu'un corps mis en mouvement le conserve par sa propre nature, qu'il faut, au contraire, employer des forces étrangéres pour l'entretenir. V. A. comprend bien que si cette conclusion étoit juste, notre principe seroit renversé de fonds en comble, puisqu'en vertu de ce principe, la bille & les machines mentionnées, une fois mises en mouvement, devroient conserver toujours le même, à moins

que des causes externes n'y occasionnassent quelque changement. Ainsi, dans les expériences rapportées, s'il n'y avoit point de causes externes qui arrêtassent le mouvement, nous serions bien obligés d'abandonner notre principe. Mais si nous faisons attention à tout, nous rencontrons tant d'obstacles qui s'opposent au mouvement, que nous ne saurions plus être surpris qu'ils soient sitôt arrêtés. En effet, c'est premiérement, sur le billard, le frottement qui diminue le mouvement de la bille, qui ne sauroit avancer sans se frotter sur le drap. L'air, ensuite, étant une matiére, cause aussi une résistance capable de diminuer le mouvement des corps: pour la sentir & s'en convaincre il ne faut que passer la main fort vîte par l'air. Il est donc clair que, sur le billard, c'est le frottement & la résistance de l'air, qui s'opposent au mouvement de la bille, & qui la réduisent bientôt en repos. Or ces causes sont externes, & l'on comprend que, sans ces obstacles, le mouvement de la bille devroit durer toujours. Il en est de même dans toutes les machines, où le frottement qui agit sur les diverses parties est si considérable, qu'il est visiblement une cause très-suffisante pour réduire bientôt la machine au repos. Ayant donc découvert les véritables causes qui opèrent, dans les cas allegués, l'exstinction du mouvement; & que ces causes sont externes & hors du corps en mouvement, il est visiblement faux que les corps aient de leur nature un panchant au repos.

Notre principe ſubſiſte donc, & acquiert même de nouvelles forces par les objections ſuſmentionnées: tout corps conſerve donc toujours le même mouvement qu'il a reçu une fois, s'il ne ſurvient pas des cauſes étrangéres, qui en changent la direction ou la vîteſſe, ou toutes les deux à la fois. Nous voilà donc délivrés d'une partie des adverſaires qui attaquoient notre principe.

Les autres ſont plus à craindre, puiſque ce ſont les fameux philoſophes Wolfiens. Ils ne ſe déclarent pas ouvertement contre notre principe, pour lequel ils témoignent même beaucoup de reſpect; mais ils en avancent d'autres qui lui ſont directement oppoſés. Ils ſoutiennent que tout corps, en vertu de ſa propre nature, fait des efforts continuels pour changer ſon état; c'eſt-à-dire, que lorſqu'il eſt en repos, il fait des efforts pour ſe mouvoir; & que s'il eſt en mouvement, il fait des efforts pour changer continuellement de vîteſſe & de direction. Ils n'allèguent rien en preuve de ce ſentiment, ſi ce n'eſt quelque raiſonnement creux, tiré de leur métaphyſique, dont j'aurai occaſion de parler un jour à V. A. Je remarque ſeulement ici, que ce ſentiment eſt contredit par le principe que nous avons ſi ſolidement établi, & par l'expérience qui eſt parfaitement d'accord avec lui. S'il eſt, en effet, vrai, qu'un corps en repos demeure, en vertu de ſa nature, dans cet état, il eſt ſans-doute faux qu'il faſſe, en vertu de ſa nature, des efforts conti-

nuels pour changer d'état. Et s'il eſt vrai qu'un corps en mouvement conſerve, en vertu de ſa nature, ce mouvement avec la même direction & la même vîteſſe, il ne ſe peut pas, que ce même corps, en vertu de ſa nature, faſſe des efforts continuels pour changer ſon mouvement. Ces philoſophes, en voulant ſoutenir en même tems le vrai principe du mouvement, & leur ſentiment abſurde, ſe contrediſent donc eux-mêmes, & renverſent par là leur propre ſyſtême de philoſophie. Il reſte donc inconteſtable, que notre principe eſt le plus ſolidement fondé dans la nature même des corps, & que tout ce qui lui eſt contraire, doit être banni de la vraïe philoſophie; & ce même principe nous met en état de la purger de quantité d'illuſions. On énonce communément ce principe par deux propoſitions, dont l'une porte, *qu'un corps une fois en repos demeure éternellement en repos, à moins qu'il ne ſoit mis en mouvement par quelque cauſe externe ou étrangére.* L'autre propoſition porte, *qu'un corps une fois en mouvement, le conſervera éternellement avec la même direction & la même vîteſſe, ou ſera porté d'un mouvement uniforme ſuivant une ligne droite, s'il n'eſt pas troublé par quelque cauſe externe ou étrangére.* C'eſt en ces deux propoſitions que conſiſte le fondement de toute la ſcience du mouvement, nommée méchanique.

le 4 *Novembre* 1760.

LETTRE LXXIV.

COMME on dit qu'un corps, tant qu'il eſt en repos, demeure dans le même état, on dit auſſi d'un corps en mouvement, qu'autant qu'il ſe meut avec la même vîteſſe & ſelon la même direction, il demeure dans le même état. Demeurer dans le même état ne ſignifie donc autre choſe que reſter en repos, ou conſerver le même mouvement. Cette maniére de parler s'eſt introduite pour énoncer plus ſuccinctement notre grand principe, que tout corps, en vertu de ſa nature, ſe conſerve dans le même état, juſqu'à ce qu'une cauſe étrangére vienne le troubler, c'eſt-à-dire, mettre le corps en mouvement lorſqu'il eſt en repos, ou changer ſon mouvement. Il ne faut pas s'imaginer que la conſervation d'état, dans un corps, renferme ſa demeure au même lieu : c'eſt bien ce qui arrive lorſque le corps eſt en repos ; mais lorſqu'il ſe meut avec la même vîteſſe, & ſelon la même direction, on dit également qu'il demeure dans le même état, quoiqu'il change à tout inſtant de place. Cette remarque eſt néceſſaire, pour ne pas confondre le changement de place avec celui d'état. Si l'on demande à préſent, pourquoi les corps demeurent dans le même état, il faut dire que c'eſt en vertu de leur propre nature. Tous les corps, en tant que compoſés de matiére, ont

la propriété de demeurer dans le même état, s'ils n'en ſont pas détourné par quelque cauſe externe. C'eſt donc là une propriété fondée dans la nature des corps, par laquelle ils tâchent de ſe conſerver dans *le même* état, ſoit de repos, ſoit de mouvement. Cette qualité dont tous les corps ſont doués, & qui leur eſt eſſentielle, ſe nomme *inertie*, & leur convient auſſi néceſſairement que l'étendue & l'impénétrabilité ; tellement qu'il ſeroit impoſſible qu'il y eut un corps ſans inertie. Ce terme *d'inertie* a d'abord été introduit dans la philoſophie, par ceux qui ſoutenoient que tout corps avoit un panchant pour le repos. Ils enviſageoient les corps comme des hommes pareſſeux, qui préfèrent le repos au travail, & attribuoient aux corps une horreur pour le mouvement, ſemblable à celle que les hommes pareſſeux ont pour le travail, le terme d'inertie ſignifiant à-peu-près la même choſe que celui de pareſſe. Mais quoiqu'on ait connu depuis la fauſſeté de ce ſentiment, & que les corps ſe ſoutiennent dans leur état de mouvement comme dans celui de repos, on a retenu le même mot *d'inertie*, pour marquer en général la propriété de tous les corps de ſe conſerver dans le même état, ſoit de repos, ſoit de mouvement. On ne ſauroit donc concevoir *l'inertie*, ſans une répugnance pour tout ce qui tendroit à faire changer les corps d'état; car puiſqu'un corps, en vertu de ſa nature, conſerve le même état de mouvement ou de repos, & qu'il ne ſauroit en être détourné

que par des causes externes, il s'ensuit que, pour qu'un corps change d'état, il faut qu'il y soit forcé par quelque cause étrangére, sans quoi il demeureroit toujours dans le même état. De là vient qu'on donne à cette cause externe le nom de *force:* c'est un terme dont on se sert communément, quoique beaucoup de ceux qui l'emploient n'en aient qu'une idée fort imparfaite. V. A. verra par ce que je viens de dire, que le nom de force signifie tout ce qui est capable de changer l'état des corps. Ainsi, quand un corps, qui a été en repos, est mis en mouvement, c'est une force qui a produit cet effet; & quand un corps en mouvement change de direction ou de vîtesse, c'est aussi une force qui a causé ce changement. Tout changement de direction ou de vîtesse dans le mouvement d'un corps demande ou une augmentation, ou une diminution des forces. Ces forces sont donc toujours hors du corps dont l'état est changé, attendu que nous avons vu qu'un corps abandonné à lui même conserve toujours le même état, à moins qu'une force de dehors n'agisse sur lui. Or *l'inertie*, par laquelle le corps tend à se conserver dans le même état, éxiste dans le corps même, & en est une propriété essentielle. Lors donc qu'une force externe change l'état de quelque corps, *l'inertie*, qui voudroit le maintenir dans le même état, s'oppose à l'action de la force; & de là on comprend que l'inertie est une qualité susceptible de mesure, ou que *l'inertie* d'un corps peut

être plus ou moins grande que celle d'un autre corps. Or les corps ſont doués d'inertie, en tant qu'ils renferment de la matiére. C'eſt même de *l'inertie*, ou de la réſiſtance qu'ils opposent à tout changement d'état, que nous jugeons de la quantité d'un corps; ainſi l'inertie d'un corps eſt d'autant plus grande, qu'il contient plus de matiére. Auſſi ſavons nous, qu'il faut plus de force pour changer l'état d'un grand corps que celui d'un petit; & nous en concluons que le grand corps contient plus de matiére que le petit. On peut même dire que cette ſeule circonſtance, *l'inertie*, nous rend la matiére ſenſible. Il eſt donc clair que *l'inertie* eſt une quantité, & qu'elle eſt la même que la quantité de matiére qu'un corps contient; & puiſqu'on nomme auſſi la quantité de matiére d'un corps ſa maſſe, la meſure de *l'inertie* eſt la même que la meſure de la maſſe. Voilà donc à quoi ſe réduit notre connoiſſance des corps en général. Premiérement, nous ſavons que tous les corps ont une étendue à trois dimenſions: en ſecond lieu, qu'ils ſont impénètrables; & de là réſulte leur propriété générale connue ſous le nom *d'inertie*, par laquelle ils ſe conſervent dans leur état; c'eſt-à-dire, que quand un corps eſt en repos, c'eſt par ſon inertie qu'il y demeure, & que quand il eſt en mouvement, c'eſt auſſi par ſon *inertie* qu'il continue à ſe mouvoir avec la même viteſſe & ſelon la même direction; & cette conſervation du même état dure juſqu'à ce qu'il ſurvienne

une

une force extérieure, qui y cause quelque changement. Toutes les fois que l'état d'un corps change, il n'en faut jamais chercher la cause en lui-même; elle éxiste toujours hors de lui, & c'est la juste idée qu'on doit se former d'une force.

le 8 Novembre 1760.

LETTRE LXXV.

Le principe fondamental de la méchanique avec l'idée de *l'inertie* que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. nous met en état de raisonner solidement sur quantité de phénomènes qui se présentent dans la nature. En voyant un corps en mouvement, qui marcheroit uniformément selon une ligne droite, c'est-à-dire, qui conserveroit la même direction & la même vîtesse, nous dirions que la cause de cette continuation de mouvement ne se trouve pas hors du corps, mais qu'elle est renfermée dans sa nature même, & que c'est en vertu de son *inertie*, qu'il demeure dans le même état: comme, si le corps étoit en repos, nous dirions, que cela se fait en vertu de son *inertie*. Nous aurions aussi raison de dire, que ce corps n'éprouve l'action d'aucune force externe, ou que s'il y en avoit, ces forces se détruisent les unes les autres, desorte qu'il en seroit comme s'il n'y en avoit point. Si donc l'on demandoit,

pourquoi ce corps continue à ſe mouvoir de cette maniére, la reponſe ſeroit ſans difficulté; mais ſi l'on demandoit, pourquoi ce corps avoit commencé à ſe mouvoir ainſi? la queſtion ſeroit tout-à-fait diférente. Il faudroit dire que ce mouvement lui a été imprimé par quelque force externe, s'il étoit auparavant en repos; mais il ne ſeroit pas poſſible de rien aſſurer ſur la quantité de cette force, puiſqu'il n'en reſte peut-être plus aucune marque. C'eſt donc une queſtion aſſez ridicule, que de demander, qui a imprimé le mouvement à chaque corps au commencement du monde? ou qui étoit le premier moteur? Ceux qui font cette queſtion avouent donc un commencement, & conſéquemment une création; & ils s'imaginent que Dieu a créé tous les corps en repos. Or on peut leur répondre, que celui qui a pu créer les corps, a pu leur imprimer le mouvement. Je leur demande à mon tour, s'ils croyent plus facile de créer un corps en repos, que d'abord en mouvement? L'un & l'autre demande également la toute-puiſſance de Dieu, & cette queſtion n'eſt plus du reſſort de la philoſophie. Mais dès qu'un corps a reçu le mouvement, il ſe conſerve par ſa propre nature, ou par ſon *inertie*, dans le même état où il doit demeurer inaltérablement, tant qu'il n'eſt point troublé par quelque cauſe étrangére, ou par une force. Toutes les fois donc que nous voyons qu'un corps ne demeure pas dans le même état, qu'un corps en repos commence à ſe mouvoir, ou

qu'un corps en mouvement change de direction ou de vîteſſe, nous devons dire que ce changement a ſa cauſe hors du corps, & qu'il eſt cauſé par une force étrangére. Ainſi, puiſqu'une pierre, que je lâche de la main, tombe en bas; la cauſe de cette chûte eſt étrangére au corps, & ce n'eſt pas par ſa propre nature que le corps tombe; c'eſt une force étrangére, & celle qu'on nomme gravité: la gravité n'eſt donc pas une propriété intrinſeque des corps; elle eſt plutôt l'effet d'une force étrangére, dont il faut chercher la ſource hors du corps. Cela eſt géométriquement ſûr, quoique nous ne connoiſſions point ces forces étrangéres qui cauſent la gravité. Il en eſt de même quand on jette la pierre; on voit bien que la pierre ne ſe meut pas par une ligne droite, & que ſa viteſſe ne demeure pas toujours la même. C'eſt auſſi cette force de la gravité, qui change ſans-ceſſe dans le corps ſa direction ou ſa viteſſe; ſans la gravité, la pierre voleroit ſuivant une ligne droite, toujours avec la même viteſſe, & ſi la gravité s'évanouïſſoit ſubitement, pendant le mouvement de la pierre, elle continueroit à ſe mouvoir uniformément ſelon une ligne droite, & conſerveroit la même direction & la même viteſſe, qu'elle auroit eue à l'inſtant où la gravité a ceſſé d'agir. Mais puiſque la gravité dure toujours, & qu'elle agit ſur tous les corps, on ne doit pas être ſurpris, qu'on ne rencontre aucun mouvement, où la direction & la viteſſe demeurent les mêmes: le cas

du repos peut bien avoir lieu, quand on tient un corps ſi fort qu'il le faut pour empècher ſa chûte; c'eſt ainſi que le plancher de ma chambre me ſoutient & que je ne tombe pas dans la cave. Mais les corps qui nous paroiſſent en repos, ſont emportés par le mouvement de la terre, qui n'étant ni rectiligne, ni uniforme, on ne ſauroit dire que ces corps demeurent dans le même état. Auſſi, parmi les corps céleſtes, ne s'en trouve-t-il aucun qui ſe meuve en ligne droite, & toujours avec la même viteſſe: ils changent donc continuellement leur état; & même les forces qui cauſent ce changement continuel ne nous ſont pas inconnues; ce ſont les forces attractives dont les corps céleſtes agiſſent les uns ſur les autres. J'ai déja remarqué que ces forces pourroient bien être cauſées par la matiére ſubtile qui environne tous les corps céleſtes, en rempliſſant tout l'eſpace du ciel; mais ſuivant le ſentiment de ceux qui regardent l'attraction comme une force *inhérente* à la matiére, cette force eſt toujours étrangére au corps ſur lequel elle agit. Ainſi, quand on dit que la terre eſt attirée vers le ſoleil, on avoue que la force qui agit ſur la terre ne réſide pas dans la terre même, mais qu'elle a ſa ſource dans le ſoleil; puiſqu'en effet, ſi le ſoleil n'éxiſtoit pas, cette force ſeroit nulle. Cependant ce ſentiment, que l'attraction eſt eſſentielle à toute matiére, eſt aſſujetti à tant d'autres inconvéniens, qu'il n'eſt prèſque pas poſſible de lui accorder place dans une philo-

ſophie raiſonnable. Il vaut toujours mieux croire, que ce qu'on nomme attraction eſt une force renfermée dans la matiére ſubtile qui remplit tout l'eſpace du ciel, quoique nous ne ſachions pas comment. Il faut s'accoutumer à convenir de ſon ignorance ſur quantité d'autres choſes importantes.

le 11 *Novembre* 1760.

LETTRE LXXVI.

AYANT fait ſentir à V. A. la vérité du principe, que tous les corps, par eux-mêmes, ſe conſervent toujours dans le même état de repos ou de mouvement; je remarque, qu'en ne conſultant là-deſſus que l'expérience, ſans approfondir les choſes par le raiſonnement, on devroit conclure préciſément le contraire, & ſoutenir que les corps ont toujours un penchant à changer continuellement d'état; puiſque nous ne voyons dans le monde, qu'un changement continuel dans l'état des corps. Mais nous venons de remarquer les choſes qui produiſent ces changemens, & nous ſavons qu'elles ne ſe trouvent pas dans les corps dont l'état eſt changé, mais hors d'eux: bien loin donc, que le principe que nous avons établi ſoit contredit par l'expérience, elle le confirme au contraire. V. A. jugera aiſément de là, combien pluſieurs

grands philoſophes, ſéduits par cette expérience mal-entendue ſe trompent en ſoutenant que tous les corps ſont doués de forces qui font changer continuellement leur état. C'eſt ainſi que le grand Wolf a raiſonné: Il diſoit, 1°. l'expérience nous fait voir que tous les corps changent d'état perpétuellement: 2°. Tout ce qui eſt capable de changer l'état d'un corps, eſt appellé force: 3°. Donc tous les corps ſont doués de la force de changer leur état: 4°. Donc chaque corps fait des efforts continuels pour le changer: 5°. Or cette force ne convient au corps qu'en tant qu'il renferme de la matiére: 6°. Donc c'eſt une propriété de la matiére de changer continuellement ſon propre état: 7°. La matiére eſt un compoſé d'une multitude de parties, qu'on nomme les élémens de la matiére: 8°. Donc, puiſque le compoſé ne ſauroit rien avoir qui ne ſoit fondé dans la nature de ſes élémens, il faut que chaque élément ſoit doué de la force de changer ſon propre état. Ces élémens ſont des êtres ſimples; car s'ils étoient compoſés de parties, ils ne ſeroient plus des élémens, mais leurs parties le ſeroient. Or un être ſimple eſt auſſi nommé monade; donc chaque monade a la force de changer continuellement ſon état. Voilà l'établiſſement du ſyſtême des monades, dont V. A. a peut-être déja entendu parler, quoiqu'il ne faſſe plus autant de bruit qu'autrefois; & j'ai deſigné par chiffres les propoſitions ſur leſquelles il eſt fondé, pour pouvoir mieux y rapporter mes ré-

flèxions. Il n'y a rien à dire ſur les deux premiéres ; mais la troiſiéme eſt fort équivoque, & tout-à-fait fauſſe dans le ſens où on la prend.

Sans vouloir dire que les forces qui changent l'état des corps, proviennent de quelqu'eſprit, je tombe volontiers d'accord, que celles qui changent l'état de chaque corps, ſubſiſtent dans les corps, mais dans d'autres corps, & iamais dans celui qui éprouve le changement d'état, qui a plutôt une qualité contraire, celle de ſe conſerver dans le même état. En tant donc que ces forces ſubſiſtent dans des corps, on devroit dire que ces corps tant qu'ils ont certaines liaiſons entr'eux, peuvent fournir des forces, par leſquelles l'état d'un autre corps eſt changé. Dès-lors la quatriéme proportion eſt abſolument fauſſe; & il réſulte plutôt de tout ce qui précède, que tout corps eſt doué de la force de demeurer dans le même état, ce qui eſt précisément le contraire de ce que ces philoſophes en ont conclu. Et je dois remarquer ici, que c'eſt nommer fort mal à propos, force, cette qualité des corps, par laquelle ils reſtent dans leur état ; car ſi l'on comprend ſous le mot de force tout ce qui eſt capable de changer l'état des corps, la qualité, par laquelle ils ſe conſervent dans le leur, eſt plutôt l'oppoſé d'une force. C'eſt donc par abus, que quelques auteurs donnent le nom de force à l'inertie, qui eſt cette qualité, & qu'ils la nomment *force d'inertie*. Mais pour ne pas

diſputer ſur les termes, quoique cet abus puiſſe jetter dans des erreurs fort groſſiéres, je retourne au ſyſtème des monades; & puiſque la propoſition n°. 4. eſt fauſſe, les ſuivantes qui en découlent immédiatement, le ſont auſſi néceſſairement; il eſt donc faux auſſi, que les élémens de matiére, ou les monades, s'il y en a, ſoient pourvues de la force de changer d'état. On doit préférablement trouver la vérité dans la qualité oppoſée, celle de ſe conſerver dans le même état; & par là tout le ſyſtème des monades eſt entiérement renverſé. Ils cherchoient à ramener les élémens de matiére dans la claſſe des êtres, qui comprend les eſprits & les ames, doués ſans contredit, de la faculté de changer d'état; car, pendant que j'écris, mon ame ſe repréſente continuellement d'autres objets, & ces changemens ſont fondés dans mon ame même, & nullement hors d'elle. J'en ſuis très convaincu, & que je ſuis le maître de mes penſées; au lieu que les changemens qui arrivent dans un corps, ſont l'effet d'une force étrangére. Que V. A. y ajoute encore la diférence infinie entre l'état du corps, qui ne renferme qu'une viteſſe & une direction, & les penſées de l'ame; & elle ſera entiérement convaincue de la fauſſeté des ſentimens des matérialiſtes, qui prétendent, qu'un eſprit n'eſt que le mêlange de quelque matiére. Ces gens-là n'ont aucune connoiſſance de la véritable nature des corps: cependant prêſque tous les eſprits forts adoptent ce faux ſyſtême.

le 15 Novembre 1760.

LETTRE LXXVII.

Il eſt fort ſurprenant ſans doute, que ſi chaque corps a une diſpoſition naturelle à ſe conſerver dans le même état, & à s'oppoſer même à tout changement, tous les corps du monde changent cependant perpétuellement leur état. Nous ſavons bien que ce changement ne ſauroit avoir lieu que par une force dont l'éxiſtence ſoit hors du corps dont l'état eſt changé; mais où faut-il donc chercher les forces qui opèrent ces changemens continuels dans tous les corps du monde, & qui ſoient cependant étrangéres au corps? Faudra-t-il donc ſuppoſer, outre ces corps qui éxiſtent, des êtres particuliers qui renferment ces forces? Ou les forces mêmes ſeroient-elles des ſubſtances particuliéres éxiſtantes dans le monde? Nous n'y connoiſſons que deux eſpèces d'êtres, dont l'une comprend tous les corps, & l'autre tous les êtres intellectuels, ſavoir les eſprits & les ames des hommes, & celles des animaux: faudroit-il donc établir dans le monde, outre le corps & les eſprits, une troiſiéme eſpèce d'êtres, qui ſoient les forces? Ou ſont ce les eſprits qui changent continuellement l'état des corps? L'un & l'autre renferme trop d'inconvéniens, pour y acquieſcer. Quoiqu'on ne puiſſe pas nier que les ames des hommes & des bêtes aient le pouvoir de pro-

duire des changemens dans leurs corps, il feroit pourtant abſurde de ſoutenir, que le mouvement d'une bille ſur le billard fut retardé & réduit au repos par quelqu'eſprit; ou que la gravité fut opérée par un eſprit qui pouſſât ſans-ceſſe les corps en bas; & que les corps céleſtes, qui, dans leur mouvement, changent de direction & de vîteſſe, ſoient ſoumis à l'action des eſprits, ſuivant le ſyſtème de quelques philoſophes de l'antiquité, qui ont aſſigné à chaque corps céleſte un eſprit ou un ange qui le conduiſoit dans ſa route. Or, en raiſonnant ſolidement ſur les phénomènes du monde, il faut convenir, qu'à l'exception des corps animés, c'eſt-à-dire, ceux des hommes & des bêtes, tous les changemens d'état, qui arrivent aux autres corps, ſont produits par des cauſes corporelles auxquelles les eſprits n'ont aucune part. Toute la queſtion ſe réduit donc à éxaminer, ſi les forces, qui changent l'état des corps, éxiſtent à part, & conſtituent une eſpèce particuliére d'êtres, ou ſi elles éxiſtent dans le corps? Ce dernier ſentiment paroît d'abord fort étrange; car ſi tous les corps ont le pouvoir de ſe conſerver dans le même état, comment ſeroit-il poſſible qu'ils renfermaſſent des forces qui tendent à le changer? En peſant bien toutes ces dificultés, V. A. ne ſera pas ſurpriſe que l'origine des forces ait été de tout tems la pierre d'achoppement des philoſophes. Tous l'ont regardée comme le plus grand myſtère dans la nature, qui ſe-

ra toujours impénétrable aux mortels. J'espère cependant de présenter à V. A une explication si claire de ce prétendu mystère, que toutes les difficultés, censées jusqu'ici insurmontables, s'évanouïront entiérement. Je dis donc, & cela doit paroître bien étrange, que cette faculté des corps, par laquelle ils s'efforcent de se conserver dans le même état, est capable de fournir des forces qui changent celui des autres. Je ne dis pas, qu'un corps change jamais son propre état, mais qu'il peut devenir capable de changer celui d'un autre. Pour mettre V. A. en état d'approfondir ce mystère sur l'origine des forces, il suffira de considérer deux corps *Tab. III. fig.* 4. comme s'ils éxistoient seuls au monde.

Que le corps *A* soit en repos, & que le corps *B* ait reçu un mouvement suivant la direction *BA* avec une certaine vîtesse. Cela posé, le corps *A* voudroit toujours rester en repos, & le corps *B* voudroit continuer son mouvement selon la ligne droite *BA*, toujours avec la même vîtesse; & l'un & l'autre en vertu de son *inertie*. Il arrivera donc que le corps *B* parviendra à toucher le corps *A*; qu'arrivera-t-il alors? Tant que le corps *A* reste en repos, le corps *B* ne sauroit continuer son mouvement sans passer à travers du corps *A*, c'est-à-dire, sans le pénètrer; il est donc impossible que chaque corps se conserve dans son état sans que l'un pénètre l'autre. Mais cette pénètration est impossible, l'impé-

nètrabilité étant une propriété de tous les corps: étant donc impoſſible que l'un & l'autre ſe conſerve dans ſon état, il faut abſolument, que le corps *A* commençe à ſe mouvoir pour faire place au corps *B*, afin qu'il puiſſe continuer ſon mouvement, ou que le corps *B*, parvenu à toucher le corps *A*, ſoit réduit ſubitement au repos, ou que l'état de tous les deux ſoit changé autant qu'il le faut, pour que l'un & l'autre puiſſe enſuite demeurer dans le ſien, ſans ſe pénètrer mutuellement. Il faut donc abſolument que l'un ou l'autre corps, ou tous les deux, ſouffrent un changement dans leur état; & la cauſe de ce changement éxiſte infailliblement dans l'impénètrabilité des corps mêmes; puis donc que toute cauſe capable de changer l'état des corps, eſt nommée force, c'eſt néceſſairement l'impénètrabilité des corps mêmes qui fournit les forces qui l'opèrent. En effet, puiſque l'impénètrabilité renferme l'impoſſibilité que les corps ſe pénètrent mutuellement, chaque corps s'oppoſe à toute pénètration, juſques dans les moindres parties; & s'oppoſer à la pénètration, n'eſt autre choſe que déployer les forces néceſſaires pour l'empècher: toutes les fois donc que deux ou pluſieurs corps ne ſauroient ſe conſerver dans leur état ſans ſe pénètrer mutuellement, leur impénètrabilité déploye toujours les forces néceſſaires pour le changer, autant qu'il le faut pour qu'il n'arrive aucune pénètration. C'eſt donc l'impénètrabilité des

corps qui renferme la véritable origine des forces qui changent continuellement leur état en ce monde: & c'eſt là le vrai dénouement du grand myſtère qui a tant tourmenté les philoſophes.

le 18 *Novembre* 1760.

LETTRE LXXVIII.

V. A. vient de faire un très-grand pas dans la connoiſſance de la nature, par l'explication de la véritable origine des forces capables de changer l'état des corps; elle peut, à préſent, comprendre aiſément, pourquoi tous ceux de ce monde ſont aſſujettis à des changemens continuels dans leur état, tant de repos que de mouvement. D'abord, il eſt ſûr que le monde eſt rempli de matiére. Nous ſavons qu'ici-bas tout l'eſpace qui ſe trouve entre les corps groſſiers, que nous pouvons toucher, eſt occupé par l'air, & que quand on le tire de quelqu'eſpace, c'eſt l'éther qui lui ſuccède tout de ſuite; & qui remplit auſſi tout l'eſpace du ciel entre les corps céleſtes. Tout étant donc ainſi plein, il eſt impoſſible qu'un corps en mouvement le continue un ſeul inſtant, ſans en rencontrer d'autres à travers leſquels il devroit paſſer, s'ils n'étoient pas impénètrables. Et puiſque cette impénètrabilité des

corps déploye toujours & par-tout des forces pour empêcher toute pénêtration, ces forces doivent changer continuellement l'état des corps; il n'eſt donc point ſurprenant, que nous obſervions des changemens continuels dans l'état des corps, non-obſtant que chacun d'eux faſſe des efforts pour ſe maintenir dans le même. Si les corps ſe laiſſoient pénêtrer librement, rien n'empêcheroit que chacun d'eux ne demeurât perſévéramment dans ſon état; mais étant impénêtrables, il en doit réſulter néceſſairement des forces ſuffiſantes pour prévenir toute pénêtration; & elles n'en réſultent, qu'autant qu'il s'agit d'empêcher que les corps ne ſe pénêtrent. Quand ils peuvent continuer leur état, ſans aucune atteinte à l'impénêtrabilité, elle n'éxerce alors aucune force, & les corps reſtent dans leur état; ce n'eſt que pour empêcher la pénêtration, que l'impénêtrabilité devient active, & fournit des forces ſuffiſantes pour cela. Quand donc une petite force ſuffit pour empêcher la pénêtration, l'impénêtrabilité la déploye ſeule; mais quelque grande que ſoit la force requiſe pour éviter la pénêtration, l'impénêtrabilité eſt toujours en état de la fournir. Ainſi, quoique l'impénêtrabilité fourniſſe ces forces, on ne ſauroit dire qu'elle ſoit douée d'une force déterminée; elle eſt plutôt en état de fournir toutes ſortes de forces, grandes ou petites, ſelon les circonſtances; elle en eſt même une ſource inépuiſable. Tant que le corps ſont

doués d'impénètrabilité, cette ſource ne ſauroit tarir: il faut abſolument que ces forces ſoient excitées, ou que les corps ſe pénètrent, ce qui ſeroit contraire à la nature. Il faut auſſi remarquer, que ces forces ne ſont jamais l'effet de l'impénètrabilité d'un ſeul corps; elles réſultent toujours de celle de tous les corps à la fois; car ſi l'un des corps étoit pénètrable, la pénètration auroit lieu ſans qu'il fut beſoin de force pour changer leur état. Quand donc, deux corps concourent enſemble, & qu'ils ne ſauroient demeurer dans leur état ſans ſe pénètrer, l'impénètrabilité de tous deux s'oppoſe également à la pénètration; & c'eſt par eux, conjointement, que la force néceſſaire pour empêcher la pénètration eſt fonrnie: on dit alors, qu'ils agiſſent l'un ſur l'autre, & la force engendrée par leur impénètrabilité opère l'action qu'ils éxercent l'un ſur l'autre. Cette force agit ſur tous les deux à la fois; car, comme ils voudroient ſe pénêtrer mutuellement, elle repouſſe l'un & l'autre, & empêche ainſi leur pénètration. Il eſt donc ſûr, que les corps peuvent agir les uns ſur les autres, & l'on parle ſi ſouvent de l'action des corps, comme l'on dit quand deux billes ſe choquent ſur le billard, que l'une agit ſur l'autre, que cette maniére de parler ne ſauroit être inconnue à V. A. Mais il faut bien remarquer, qu'en général, les corps n'agiſſent les uns ſur les autres, qu'autant que leur impénètrabilité eſt attaquée d'où réſulte une for-

ce capable de changer l'état de chaque corps; précisément autant qu'il le faut, pour qu'il n'arrive aucune pénètration desorte qu'une force moindre ne suffiroit pas pour produire cet effet. Il est bien vrai qu'une force plus grande empêcheroit aussi la pénêtration, mais quand le danger que les corps se pénêtrent cesse, leur impénètrabilité n'agit plus, & il n'en résulte que la plus petite force, qui soit capable d'empêcher la pénêtration. Puis donc que la force est la plus petite, l'effet qu'elle produit, c'est-à-dire, le changement d'état qu'elle opère, pour empêcher la pénètration sera proportionel; & conséquemment, quand deux ou plusieurs corps concourent ensemble, ensorte que chacun ne sauroit demeurer dans son état sans pénètrer les autres, il y arrive une action mutuelle, qui est toujours la plus petite, qui soit capable d'empêcher la pénêtration. V. A. trouvera donc ici contre toute attente le fondement du systême de feu Mr. de Maupertuis, si vanté & tant contesté. Son principe est celui de la plus petite action, par lequel il prétend que, dans tous les changemens qui arrivent dans la nature, celle qui les opère est toujours la moindre possible. De la maniére que j'ai l'honneur de présenter ce principe à V. A. il est évident, qu'il est parfaitement fondé sur la nature même des corps, & que ceux qui le nient ont grand tort, mais moins encore que ceux qui s'en mocquent. V. A. aura peut-être déja remarqué, que certaines per-

personnes peu amies de Mr. de Maupertuis, saisissent toutes les occasions de se moquer du principe de la moindre action, ainsi que du trou jusqu'au centre de la terre; mais heureusement, la vérité n'y perd rien.

le 22 Novembre 1760.

LETTRE LXXIX.

L'ORIGINE des forces fondée sur l'impénêtrabilité des corps, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. ne détruit pas le sentiment de ceux qui soutiennent que l'ame des hommes & celle des bêtes ont le pouvoir d'agir sur leur corps. Rien n'empêche qu'il n'y ait deux espèces de forces, qui causent tous les changemens dans le monde. L'une, celle des forces corporelles, qui tirent leur origine de l'impénêtrabilité des corps; & l'autre, celle des forces spirituelles, que les ames des animaux éxercent sur leur corps; mais cette espèce n'opère que sur les corps animés, que le créateur a si bien distingués des autres, qu'il n'est pas permis en philosophie de les confondre. Mais l'attraction, regardée comme qualité intrinsèque des corps, en reçoit un coup fort rude; car si les corps n'agissent les uns sur les autres que pour maintenir leur impénêtrabilité, l'attraction ne sauroit y être rapportée. Deux

corps éloignés peuvent conſerver chacun ſon état, ſans que leur impénètrabilité y ſoit intéreſſée, & ſans, par conſéquent, aucune raiſon que l'un agiſſe ſur l'autre, même en l'attirant à ſoi. Alors l'attraction devroit être rapportée à une troiſiéme eſpèce de forces, qui ne ſeroient ni corporelles ni ſpirituelles. Mais il eſt toujours contre les règles d'une philoſophie raiſonnable, d'introduire une nouvelle eſpèce de forces, avant que leur éxiſtence ſoit inconteſtablement démontrée. Il faudroit avoir, pour cela, prouvé ſans replique, que lès forces dont les corps s'attirent mutuellement, ne ſauroient tirer leur origine de la matiére ſubtile qui les environne; mais cette impoſſibilité n'eſt point encore prouvée. Il ſemble au contraire que le créateur ait rempli exprès tous les eſpaces du ciel d'une matiére ſubtile, pour donner naiſſance à ces forces, qui pouſſent les corps les uns vers les autres, conformément à la loi établie ci-devant ſur leur l'impénètrabilité. En effet, la matiére ſubtile pourroit bien avoir un mouvement tel, qu'un corps qui s'y trouve ne ſauroit conſerver ſon état ſans en être pénêtré, & il faudroit bien alors que cette force fût tirée tant de l'impénètrabilité de la matiére ſubtile, que de celle du corps même. S'il y avoit un ſeul cas au monde, où deux corps s'attirent ſans que l'eſpace entr'eux fût rempli d'une matiére ſubtile, il faudroit bien admettre la réalité de l'attraction; mais ce cas n'éxiſ-

te point; & par conſéquent on a raiſon d'en douter, & même de la rejetter. Nous ne connoiſſons donc que deux ſources de toutes les forces qui opèrent ces changemens, l'impénètrabilité des corps & l'action des eſprits. Les ſectateurs de Wolf rejettent auſſi cette derniére, & ſoutiennent qu'aucun eſprit ou ſubſtance immatérielle ne peut agir ſur un corps: & ils ſont fort embarraſſés, quand on leur dit que, ſelon eux, Dieu même, qui eſt un eſprit, n'auroit pas le pouvoir d'agir ſur les corps, ce qui ſentiroit fort l'athéïſme. Auſſi n'y donnent-ils que cette réponſe bien froide, que c'eſt par l'infinité, que Dieu peut agir ſur les corps: mais s'il eſt impoſſible à un eſprit, en tant qu'eſprit, d'agir ſur les corps, cette impuiſſance réjaillit néceſſairement ſur Dieu même. Et qui pourroit nier que notre ame n'agiſſe ſur notre corps. Je ſuis tellement le maître de mes membres, que je puis les mettre en action à mon gré. La même choſe peut ſe dire auſſi des bètes: & comme ſuivant le ſyſtême de Deſcartes, dont on a raiſon de ſe moquer, les bêtes ne ſont que des machines ſans aucun ſentiment, ſemblables à une montre, ſuivant les Wolfiens les hommes, ne ſont auſſi que de ſimples machines.

Ces mêmes philoſophes, dans leurs ſpéculations, vont auſſi juſqu'à nier la premiére eſpèce de forces, dont ils ne connoiſſent rien. Car ne pouvant comprendre comment un corps agit ſur un autre, ils en nient l'action

hardiment, & ſoutiennent que tous les changemens qui arrivent dans un corps, ſont cauſés par ſes propres forces. Ce ſont les mêmes philoſophes, dont j'ai déja eu l'honneur de parler à V. A., qui nient le premier principe de la méchanique ſur la conſervation du même état; ce qui ſuffit pour renverſer tout leur ſyſtème. Leur égarement, comme je l'ai déja remarqué, provient de ce qu'ils ont commencé à mal raiſonner ſur les phénomènes que les corps du monde nous préſentent. Ils ont conclû avec précipitation, de ce qu'on voit prèſque tous les corps changer continuellement leur état, qu'ils renferment en eux-mêmes des forces, par leſquelles ils s'efforcent ſans-ceſſe à le changer, & ils auroient dû en conclure le contraire. C'eſt ainſi qu'en ne conſidérant les choſes que ſuperficiellement, on ſe précipite dans les erreurs les plus groſſiéres. J'ai déja fait ſentir à V. A. le défaut de ce raiſonnement; mais une fois tombés dans cette erreur, ils ſe ſont livrés aux idées les plus abſurdes. Ils ont d'abord transféré ces forces internes aux premiers élémens de la matiére, qui ſelon eux font des efforts continuels pour changer leur état, & en ont conclû, que tous les changemens auxquels chaque élément eſt aſſujetti, ſont produits par ſa propre force, & que deux élémens, ou êtres ſimples, ne ſauroient agir l'un ſur l'autre. Cela poſé, les eſprits étant des êtres ſimples, il falloit les dépouiller de tout

pouvoir d'agir ſur les corps (ils en exceptent pourtant l'être ſuprême) & enſuite, puiſque les corps ſont composés d'êtres ſimples, ils ont été obligés de nier auſſi que les corps puiſſent agir les uns ſur les autres. On avoit beau leur objecter le cas des corps qui ſe choquent, & le changement de leur état qui en eſt la ſuite; trop entêtés de la ſolidité de leur raiſonnement pour l'abandonner, ils aiment mieux dire, que chaque corps, par ſa propre nature, opère le changement qui lui arrive, & que le choc n'y fait rien; que ce n'eſt qu'une illuſion, qui nous fait croire que le choc en eſt la cauſe; & finiſſent par vanter beaucoup la ſublimité de leur philoſophie, que le vulgaire ne ſauroit comprendre. V. A. eſt en état à préſent d'en porter un jugement très-juſte.

le 25 Novembre 1760.

Fin du premier Volume.



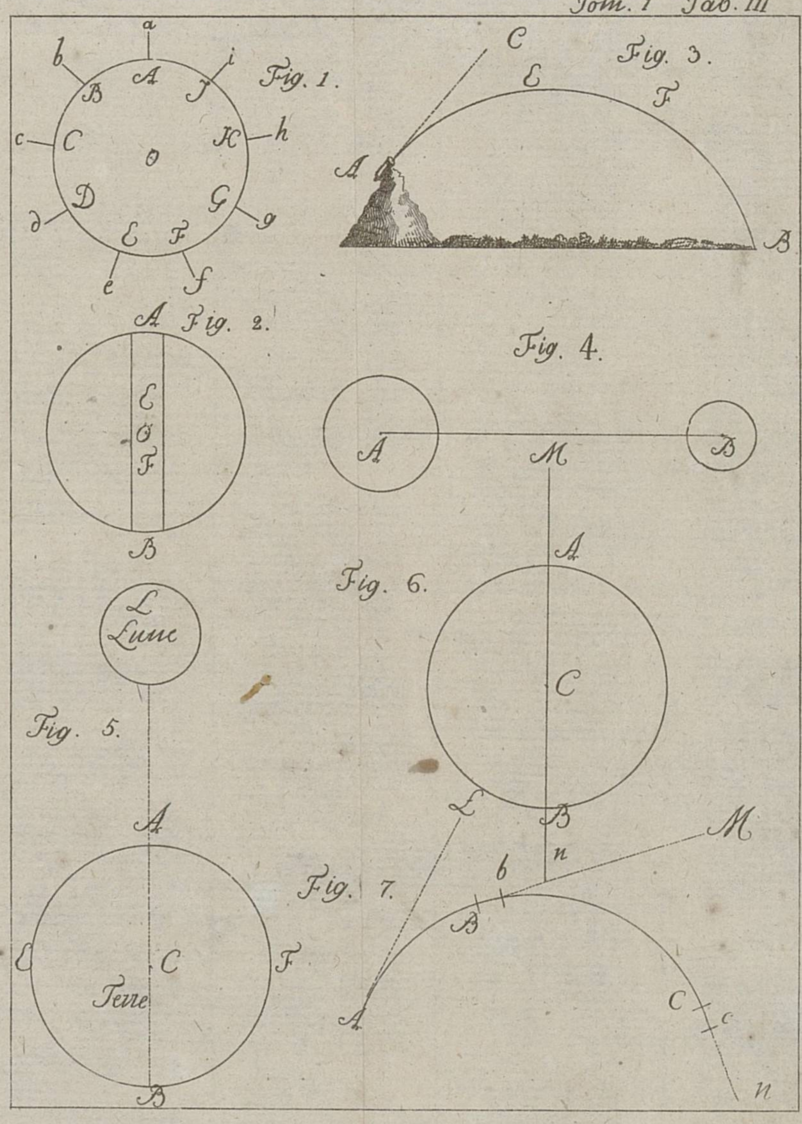
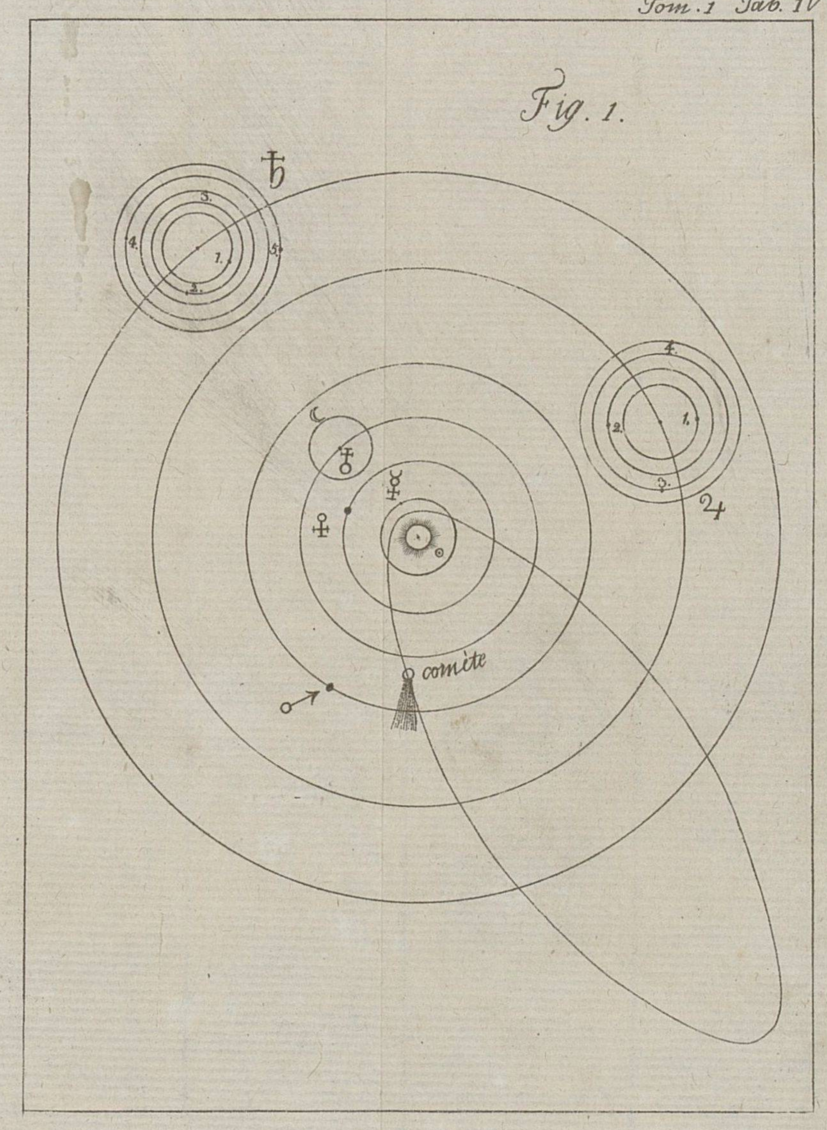
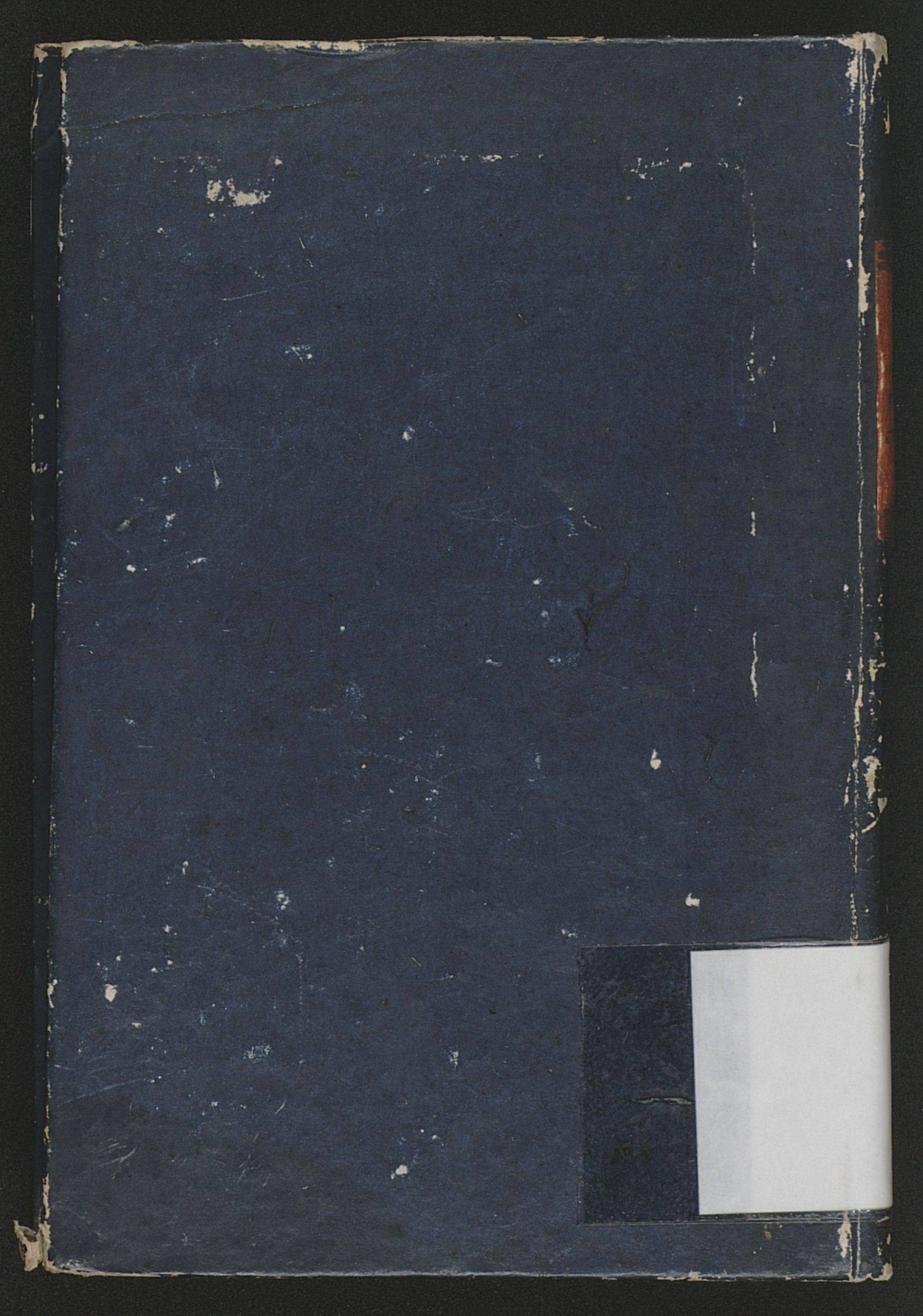


Fig. 1.
a
b
i
A
B
J
c
C
K
h
O
D
G
d
g
E
F
e
f
Fig. 3.
C
E
F
A
B
A
Fig. 2.
E
O
F
B
Fig. 4.
A
M
B
L
Lune
Fig. 5.
A
Fig. 6.
C
B
E
M
n
b
Fig. 7.
B
A
C
c
n
E
C
F
Terre
B

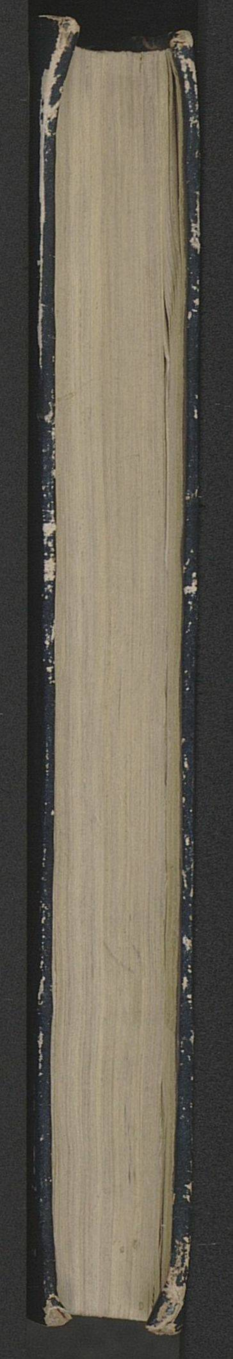

Fig. 1.
comite



LETTRES
A UNE
PRINCESSE
D ALLEMAGN

I





inches

centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42									

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams